

el ambiente académico, el sector privado y las instituciones, como es el caso de los SMHN implicados en las predicciones medioambientales. Este entramado de ideas y disciplinas desembocará en un período de increíbles innovaciones en los campos de la meteorología aplicada y la hidrología.

La gente, es decir, nuestro personal, es quien hace que nuestro sistema funcione. Es precisamente por ello, que existe la necesidad de que los programas de enseñanza y formación continuada sean planificados desde ahora, para de esta manera tener un personal motivado de alta calidad y así poder beneficiarnos en las próximas décadas.

Observaciones finales

En los próximos 20 ó 30 años y posteriormente, se presentará una etapa llena de retos para nuestros meteorólogos, hidrólogos, tecnólogos e investigadores. Las oportunidades para proporcionar nuevos servicios a nuestros ciudadanos son

abundantes. Los requisitos para poder materializar estas oportunidades son:

- Un mandato claro y estable que haga un gran hincapié en los bienes públicos.
- Unos sistemas de observación integrados.
- Una comunicación más estrecha entre los predictores y los investigadores.
- Una clara identidad nacional, que incremente la moral y la actuación.
- Asociaciones estratégicas entre la ciencia, la tecnología y la difusión.

Depende de nosotros mismos tener la visión de futuro para tomar las decisiones, y emprender las acciones ahora, para hacer que estas oportunidades se hagan realidad. Para la OMM y para la comunidad de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales que la forma, esta situación presentará grandes retos en el ámbito de la cooperación internacional a medida que continuemos encontrando caminos para incrementar nuestras capacidades en todos los países. □

EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Por JOHN W. ZILLMAN*

Resumen

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es un componente fundamental de la infraestructura nacional de todos los países. Su objetivo básico es ejercer las responsabilidades de los gobiernos en contribuir a la seguridad y al bienestar general de sus ciudadanos, en asegurar la recopilación y custodia de registros históricos climáticos nacionales fiables, que sean de utilidad para las generaciones futuras, y en cumplir con las obligaciones internacionales esenciales derivadas del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial. A pesar de que el papel esencial del

SMN ha sido ampliamente comprendido y valorado por las comunidades nacionales, estudios recientes asociados a la ejecución de planes alternativos para la provisión de diversos servicios, que hasta ahora habían sido financiados y suministrados por el sector público, han puesto de relieve la necesidad de definir claramente la razón fundamental, el marco legal y el *modus operandi* del SMN con el fin de asegurar la toma de decisiones respecto a futuros proyectos de infraestructuras, operatividad y provisión de servicios meteorológicos a nivel nacional e internacional.

Introducción

Dos de las obligaciones fundamentales aceptadas por los gobiernos a lo largo de los años han sido la de garantizar la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos y la de recopilar y

* Director del Departamento Australiano de Meteorología y Presidente de la OMM.

Los puntos de vista expuestos en este artículo pertenecen al autor, y no se corresponden necesariamente con los del Gobierno Australiano o con los de la OMM.

proteger los importantes registros históricos para las generaciones futuras. Durante más de un siglo, prácticamente todos los países, pequeños y grandes, han cumplido con sus obligaciones de minimizar los impactos adversos del tiempo y del clima en la seguridad y el bienestar de la comunidad, y de proporcionar una información climática nacional fiable y extensa a través del funcionamiento de un SMN integral y financiado públicamente.

La razón original del establecimiento de instituciones meteorológicas estatales y del libre intercambio de información entre ellas, fue la de ayudar a implantar la seguridad en el mar y contribuir a una mejor comprensión de los fenómenos naturales que ocurren en nuestro planeta.

El concepto del SMN como un componente esencial de la infraestructura básica nacional de cualquier país, se ha adoptado de una forma generalizada debido al desarrollo de la aviación civil, a una mayor toma de conciencia sobre los importantes beneficios económicos y sociales que reporta a los ciudadanos y a los planes nacionales en conjunto, y por último, a una más amplia disponibilidad y mejor aplicación de información fiable sobre las condiciones del tiempo y del clima actuales y futuras.

El suministro de los servicios meteorológicos ha sido tradicionalmente aceptado como una responsabilidad fundamental del gobierno en la medida que éstos han actuado como soporte de la seguridad para la vida, las propiedades y el bienestar de todos los ciudadanos; y por lo tanto, se consideran como una necesidad y un derecho básicos de la comunidad, dándose también por descontado que los servicios meteorológicos poseen las propiedades intrínsecas de los "bienes públicos" (Harris, 1995). Sólo recientemente, y como consecuencia de que algunos gobiernos han solicitado despojarse de muchas de sus responsabilidades tradicionales, se ha sugerido que los servicios podrían proporcionarse a través de otros mecanismos distintos del típico SMN financiado públicamente; por esta razón, en algunos países se han debatido, y en otros se ha procedido a su firme implantación, enfoques alternativos tales como la privatización, la corporativización y la comercialización de los servicios meteorológicos (OMM, 1999).

Sin embargo, estos recientes desarrollos han tenido una repercusión dramática, y en su mayor parte adversa, en la cooperación

internacional ampliamente establecida entre los SMN nacionales. La meteorología es uno de los campos de la ciencia con una mayor componente intrínsecamente internacional y ligada al esfuerzo humano, debido a su complejidad científica y a su interdependencia global de los procesos que caracterizan el tiempo y el clima. Desde la fundación de la Organización Meteorológica Internacional (OMI), no gubernamental, en 1873, los SMN de prácticamente todos los países han trabajado juntos en una relación global creciente, ahora bajo los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial, una agencia intergubernamental especializada de las Naciones Unidas (ONU), que se ha convertido en un modelo de cooperación internacional ampliamente valorado dentro del sistema de la ONU (Davies, 1986).

No existe la menor duda de que los ciudadanos de todas las naciones esperan continuar disfrutando del alcance y de la calidad de los servicios meteorológicos que la tecnología y ciencia modernas, y el sistema de cooperación internacional de la OMM, han hecho posible en los últimos años del siglo XX. Pero existe una razón para creer que esto sólo será posible si la base en la que se asienta el sistema de cooperación internacional de la OMM, es decir, la recopilación integral de información y el papel de investigación y de servicio de los SMN, se preserva y se refuerza como un bastión de cooperación en un mundo cada vez más competitivo y contendiente.

El propósito de este artículo es el de hacer balance del papel y funcionamiento del SMN así como establecer las consideraciones básicas que sirvan de punto de referencia útil en la futura gestión de planes para suministrar servicios meteorológicos y otros relacionados, a nivel nacional, en tiempos inciertos y cambiantes, como los actuales.

Meteorología

La meteorología es un campo de la ciencia y una profesión al mismo tiempo. En palabras del Vocabulario Meteorológico Internacional (OMM, 1992), es el "estudio de la atmósfera y sus fenómenos"; detallando más (OMM, 1996), es la "ciencia de la atmósfera que se ocupa en particular de su estructura y composición, de las interacciones con los océanos y con la tierra, de los movimientos (incluyendo los procesos responsables de la formación de las

diferentes condiciones meteorológicas), de la predicción del tiempo, la variabilidad climática y el cambio climático” (Figura 1).

Los fenómenos atmosféricos que repercuten en la sociedad son del interés general del SMN y, tal como muestra la Figura 2, abarcan una enorme escala temporal y espacial. Aunque no existe una línea divisoria unánimemente acordada, pueden subdividirse ampliamente, según su escala temporal, en fenómenos meteorológicos y climáticos. Un SMN es más conocido (a menudo en su papel de Servicio Meteorológico Nacional), por la información del estado diario del tiempo, y por predecir su evolución con unos días o una semana de antelación. Sin embargo, es muy importante darse cuenta de que una información del comportamiento de la atmósfera a escalas temporales más largas (de meses a siglos), tanto en el pasado como hacia el futuro, tiene desde muchos puntos de vista, un importante significado para la humanidad más a largo plazo.

De este modo, la Meteorología abarca los campos del tiempo y del clima (*Meteorological Office*, 1972), y la climatología, que según la OMM, se define como el “estudio del estado físico medio de la atmósfera y de sus variaciones estadísticas en el espacio y en el tiempo, tal como se reflejan en el comportamiento meteorológico en un período de muchos años” (OMM, 1992), debe ser tenida en cuenta como parte integral de la ciencia y de la profesión meteorológica.

Aunque la meteorología se ocupa de todos los aspectos de la atmósfera, incluyendo su composición, su estructura y su movimiento, muchas de las características de su comportamiento, sobre todo cuando se examinan en escalas temporales extensas, dependen de su interacción con las superficies de tierra y agua sobre las que se asienta, y de los procesos que tienen lugar en los océanos. Por lo tanto, con respecto a las escalas temporales climáticas, existe un área importante que hace coincidir la meteorología

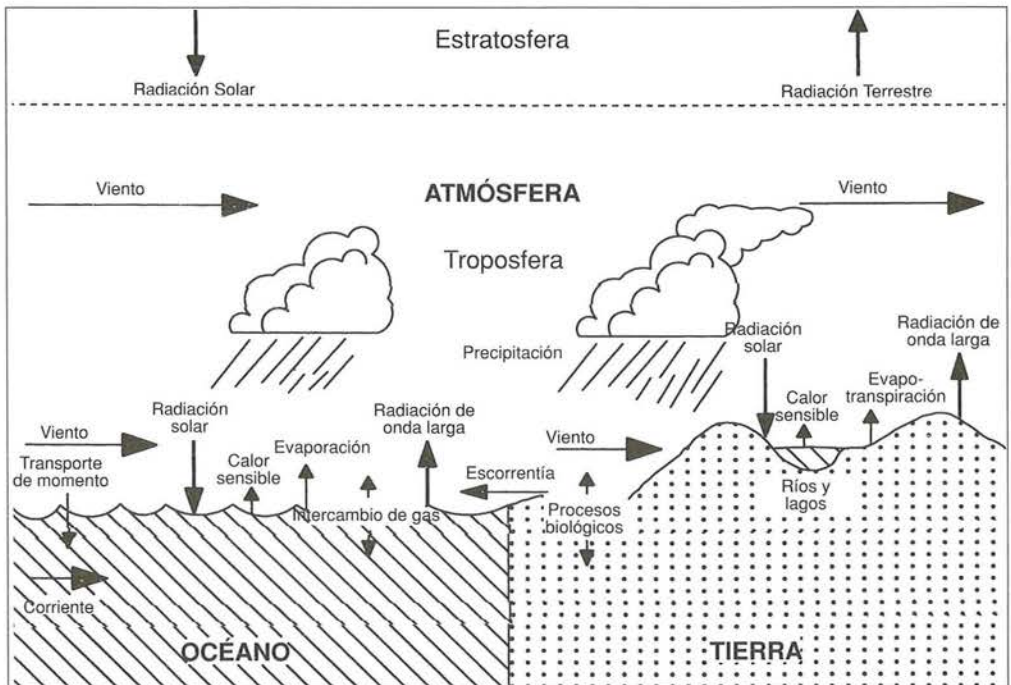


Figura 1 — La atmósfera como parte del sistema total terrestre. La Meteorología abarca todos los aspectos de las ciencias de la atmósfera, incluyendo su composición química, la estructura y movimiento, así como la naturaleza y los mecanismos de los fenómenos meteorológicos y climáticos. Se preocupa, en particular, de la respuesta integral de la atmósfera y de la tierra y los océanos —sobre los que descansa aquella— a la energía de la radiación de onda corta incidente que procede de los rayos solares, y su transporte y transformación —mediante procesos físicos, químicos y biológicos— y su posterior irradiación al espacio en longitudes de onda más largas (infrarrojo). Estudia, asimismo, los fenómenos tanto de la troposfera como de la estratosfera y sus acoplamientos con la tierra y los océanos subyacentes, y con las capas ionizadas de la alta atmósfera, respectivamente.

con sus ciencias hermanas, la hidrología (relativa a procesos en la superficie terrestre) y la oceanografía (Figura 3).

Los servicios meteorológicos como bienes de interés público

Las informaciones meteorológicas oportunas y fiables —en especial, las predicciones y los avisos— que las comunidades necesitan para garantizar de forma cotidiana su seguridad y bienestar, constituyen lo que en términos económicos se conoce como bienes públicos puros. Las características que definen los bienes públicos puros (Baumol y otros, 1992; Self, 1993; Bannock y otros, 1998), son:

- Inagotables: su utilización por parte de un miembro de la sociedad no reduce su disponibilidad o su validez para los miembros restantes.
- No excluyentes: si están disponibles para unos miembros de la sociedad, no es posible, al menos de una forma real, excluir a otros miembros de beneficiarse de ellos.

Los análisis económicos también elaboran unas condiciones básicas que se emplean en la

provisión de los bienes públicos puros (Heald, 1983; Bailey, 1995) en la forma que sigue:

- En la medida que pertenecen a la colectividad y que no son susceptibles de que se les confiera derechos de propiedad, los mercados no servirán para su provisión.
- La decisión acerca de si deben ser suministrados y a qué nivel, corresponde únicamente al gobierno.
- Los costes de su implantación han de financiarse íntegramente a través de los impuestos.
- El beneficiario es el conjunto de la sociedad, siendo el beneficio total mayor cuanto más se utilicen.

Mientras la provisión de servicios públicos meteorológicos básicos, en general, es citada frecuentemente por los medios de comunicación, como el bien de interés público por excelencia (por ej. Heilbroner y Thurow, 1994), otros servicios y fenómenos meteorológicos se identifican como poseedores de únicamente algunas de las características de bien público.

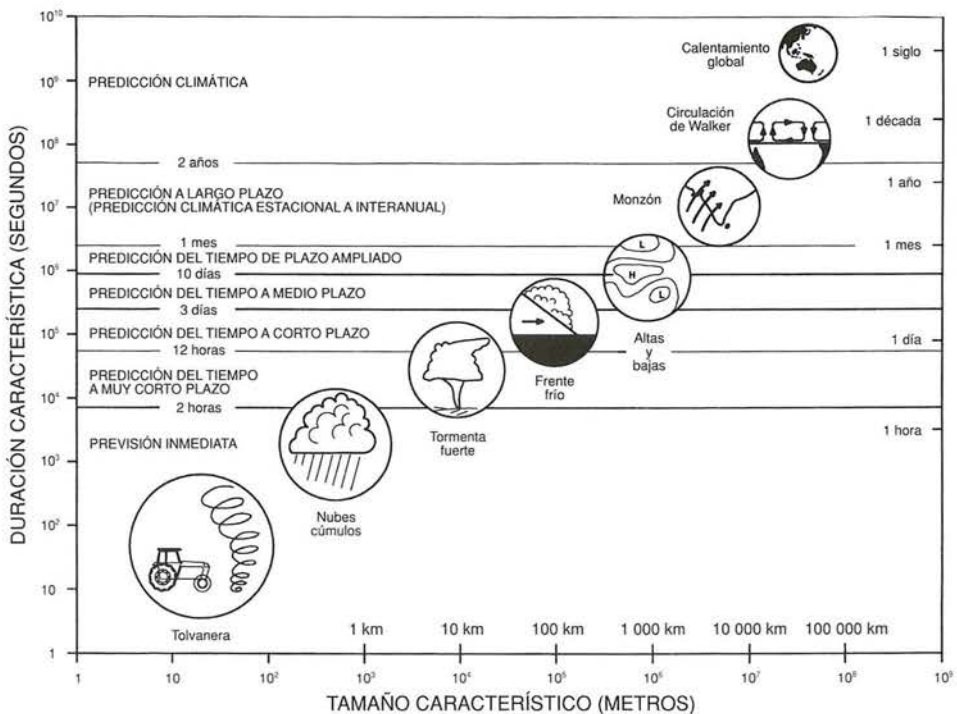


Figura 2 — Tamaño y duración característicos de algunos fenómenos atmosféricos típicos. También se muestra la terminología que se ha adoptado mediante convenio internacional para describir los distintos plazos de predicción meteorológica y climática.

Por consiguiente, resulta importante reconocer particularmente las características económicas de:

- Bienes que no son agotables pero sí excluyentes, tales como la información meteorológica adicional a la del servicio público, que potencialmente puede ser muy útil, y solamente está disponible en canales de comunicación restringidos para aquellas personas que estén dispuestas a pagarla.
- Bienes que no son excluyentes pero sí agotables, tales como la calidad de la atmósfera global, que progresivamente se va deteriorando por una cantidad cada vez mayor de consumidores que la utilizan como vertedero de la contaminación.

Por último, existe una clase de bienes privados (o de mercado), que son agotables y excluyentes, que conllevan un desarrollo automático de los mercados, como es el caso de las informaciones meteorológicas especializadas, preparadas y suministradas basándose en el perfil y necesidades del cliente, de forma que le permiten tomar decisiones que le sirven para adquirir ventajas competitivas respecto a otros usuarios. Se trata de un área en la que, al menos bajo consideraciones económicas, los servicios meteorológicos no han de ser vistos de modo diferente, en principio, al de otros bienes y servicios tradicionales y donde, exceptuando el caso especial de la caída del mercado debido al alto nivel de especialización existente o al limitado tamaño del mercado potencial (por ejemplo, en las economías de los países en vías de desarrollo), resulta inapropiado recurrir a una perspectiva de bien público.

Por lo tanto, en términos económicos, existe una clara distinción entre los servicios meteorológicos públicos esenciales, que se difunden amplia y puntualmente a través de los medios de comunicación en beneficio de la seguridad y el bienestar del conjunto de la comunidad (bienes públicos puros), y los servicios especializados, suministrados para atender las necesidades de usuarios particulares (bienes públicos impuros y bienes privados), que a su vez estarán influenciados en gran medida por los mercados con el fin de prestar un nivel de servicio óptimo.

Beneficios sociales, económicos y medioambientales de los servicios meteorológicos

Históricamente, los beneficios que para una nación significa la prestación de unos servicios meteorológicos modernos resultan evidentes en su estructura social, su economía y su medio ambiente natural, y, especialmente, en lo referente a la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos individuales. Asimismo, son patentes los recursos necesarios para su mantenimiento y continua optimización y se justifican por el alcance y la escala de los beneficios derivados (Zillman, 1997(a)). Las masivas inversiones tecnológicas y científicas de las superpotencias durante la época de la guerra fría, se han visto compensadas con los beneficios que para toda la Humanidad han resultado de la integración eficaz de los dos desarrollos tecnológicos más importantes de la era espacial en el campo de la meteorología operativa, a través de la colaboración internacional en los satélites meteorológicos y en la predicción meteorológica numérica (PMN). La incapacidad de muchos gobiernos de países en vías de desarrollo para consolidar la implantación de su infraestructura meteorológica básica nacional y para establecer unos niveles óptimos de servicios públicos esenciales, ha puesto de manifiesto una realidad de presiones financieras a corto plazo así como otro tipo de barreras para la consolidación del progreso tecnológico (Crouthamel y Scotti, 1997), que en definitiva deberán resolverse bien, como parte del proceso de desarrollo, mejor que la existencia de dudas respecto a si la creciente inversión lo compensaría a largo plazo.

Hoy en día, bajo la presión que supone la intensa competencia entre los dos sectores, público y privado, en una economía mundial que se globaliza rápidamente (Bryan y Farrell, 1996; Kuttner, 1997; Mander y Goldsmith, 1996; Gray, 1998; Porter, 1998; Soros, 1998; Yergin y Stanislaw, 1998), cada vez se ha hecho más importante, a la hora de que el gobierno y la industria establezcan prioridades y tomen sus decisiones, que el margen completo de beneficios que surge del funcionamiento eficaz del sistema de SMN, esté claramente documentado y planificado de una forma evidente para los usuarios, tanto del sector público como del privado. Durante la década pasada, la OMM se ha basado de una manera

ACTIVIDAD	COMPONENTE DEL SISTEMA TERRESTRE		
	OCEANO	ATMÓSFERA	AGUAS SUPERFICIALES
COOPERACIÓN INTERNACIONAL			
PROVISIÓN DEL SERVICIO			
MODELIZACIÓN			
INVESTIGACIÓN			
CONTROL			

Figura 3 — Ciencias interrelacionadas y coincidentes de la oceanografía, la meteorología y la hidrología (incluyendo sus procesos relacionados en la superficie terrestre), que se ocupan de la observación sistemática (a través del control), de la comprensión (por medio de la investigación), y la predicción (utilizando la modelización) del comportamiento del sistema fluido terrestre y su aplicación útil mediante la provisión de una amplia gama de servicios a las comunidades nacionales y el intercambio de datos y de productos con la comunidad internacional.

sustancial en varios estudios ya realizados anteriormente (por ej. Gibbs, 1964; Mason, 1966; Maunder, 1970; Freebairn, 1979), para establecer una comprensión más amplia entre la metodología y los hallazgos de la investigación respecto a la evaluación de los servicios meteorológicos, y para fomentar trabajos posteriores en este campo (OMM, 1990, 1994). Recientemente, autores como Anaman y otros (1995, 1998), Nicholls (1996) y Katz y Murphy (1997), han publicado importantes estudios.

Es interesante reconocer que los beneficios preeminentemente importantes de los servicios meteorológicos son, en la mayor parte de países, de naturaleza social, relacionada sobre todo con la seguridad de las vidas y, por lo general, se dan por supuestos por parte de los ciudadanos de casi todos los países avanzados. Estos beneficios incluyen lo siguiente:

- Evitar las enormes pérdidas humanas que podrían producirse, incluso en las sociedades más avanzadas en ingeniería,

si las comunidades o los ciudadanos individuales careciesen de una fuente de avisos anticipados de la irrupción de huracanes, tifones, fuertes tormentas, inundaciones, ventiscas, incendios forestales y otros episodios de tiempo adverso. Mientras éstos se cobran más de 100 000 vidas anualmente (Cornford, 1996, 1997, 1998; De y Joshi, 1998), la mayor parte en países en vías de desarrollo, no existe la menor duda de que estos efectos serían de un orden de magnitud aún mayor en ausencia de los sistemas de alerta por condiciones meteorológicas adversas que ahora operan en prácticamente todos los países.

- La gran contribución a la seguridad de la población viajera, sobre todo de quienes se trasladan por aire o por mar, gracias a la disponibilidad de eficaces servicios meteorológicos para la marina y la aviación, todo bajo la estructura global de los convenios internacionales de transporte

aéreo y de seguridad de la vida humana en el mar. Mientras que los aviones y barcos de pasajeros son hoy en día menos vulnerables a los elementos de lo que lo fueron en otros tiempos, el número de viajeros y la potencialidad de pérdida de vidas en un solo accidente se ha incrementado de forma espectacular a lo largo de este último siglo. Cada ciudadano que vuela en los años 90, lo hace de una forma mucho más segura, gracias al sistema de coordinación global de los servicios meteorológicos que apoya a las miles de decisiones que se toman continuamente en relación con las rutas, los planes y las operaciones de vuelo y con los procedimientos de despegue y aterrizaje.

- La omnipresente contribución cotidiana a la seguridad, la comodidad, el ocio y el interés general de los ciudadanos, por medio del acceso a la información que ayuda a saber qué ponerse, dónde ir, qué hacer y cuándo hacerlo. Dados los altos niveles de precisión que ahora se obtienen con las predicciones meteorológicas públicas de tres a cinco días y el alto porcentaje de ciudadanos (por ejemplo, Anaman y Lellyett, 1996; *American Meteorological Society*, 1998) que hacen uso de estos servicios, el beneficio social añadido derivado del uso de los servicios meteorológicos públicos por parte de la comunidad, es claramente mayor.
- Muchas otras formas directas e indirectas de beneficio social, incluyendo la tranquilidad mental de tener acceso a la información más reciente sobre los desarrollos que afectan a comunidades amenazadas en lugares distantes, el valor cultural de los registros históricos fiables de los acontecimientos naturales más importantes, la contribución a la integridad del sistema judicial debida a los numerosos usos legales de los documentos meteorológicos oficiales y, por último, la satisfacción de jóvenes y ancianos por alcanzar una comprensión cada vez mayor sobre los fenómenos naturales que ocurren en el mundo.

Aunque la mayor parte de los beneficios sociales más importantes que proporcionan los servicios meteorológicos públicos se oponen a

una valoración estrictamente económica (¿qué vale una vida humana?), muchos servicios públicos y prácticamente todos aquellos servicios que son de naturaleza privada o mezcla de privada y pública, también actúan como fuente de decisiones que tienen una repercusión económica directa o indirecta en los individuos, en las familias, en las empresas, en los sectores industriales y en las economías nacionales, y pueden ser así evaluados en términos monetarios a través de las técnicas comunes del análisis económico. La adaptación de conceptos y metodologías económicas relevantes al caso concreto de los servicios meteorológicos se describe en Katz y Murphy (1997). Éstas incluyen, en particular, la utilización de la teoría del valor de la información y de toma de decisiones bajo incertidumbre (Johnson y Holt, 1997), y conducen al uso de las metodologías prescriptiva y descriptiva, que incluyen modelos de simulación, lo que implica la optimización económica (a menudo basada en los conceptos de relación de coste-pérdida), el análisis de la función de coste y estudios de usuarios directos (Anaman y otros, 1995). Algunas de las mayores dificultades que se encuentran incluyen las que están relacionadas con el desarrollo y utilización de funciones de transferencia adecuadas (por ejemplo los modelos de cosecha), para acoplar la información meteorológica con los procesos de decisión económica, y aquellas asociadas al aumento de la escala desde situaciones que conllevan una decisión individual hasta las propias de los sectores industriales y de las economías nacionales (advertiéndose que una ventaja económica para una empresa que se basa en una buena información meteorológica, puede convertirse en desventaja para su competidor, en ocasiones con poco o ningún beneficio neto en el sector implicado).

Los análisis sugieren que, por encima de un cierto umbral de exactitud en las predicciones, que se halla por debajo del que caracteriza a los modernos sistemas de predicción que se utilizan en la actualidad, la información meteorológica y climatológica (pasada, presente, y futura), puede contribuir de forma positiva –en muchos casos sustancialmente– al beneficio económico (aumentando los ingresos y/o reduciendo los costes), en, prácticamente, más del centenar de sectores económicos más importantes,

reconocidos normalmente en los balances nacionales. Se han identificado los sectores que se citan a continuación como los que han alcanzado beneficios significativos (Freebairn y Zillman, 1999): la agricultura, la aviación, las comunicaciones, la construcción, el control de desastres, el deporte, la ganadería, la generación y el suministro de energía, la gestión y administración de recursos hídricos, la gestión de puertos, la manufacturación, el ocio, las operaciones en alta mar, la pesca, la planificación urbana, la producción de alimentos, la protección medioambiental, los seguros, los servicios financieros y bancarios, los servicios jurídicos, los servicios médicos y sanitarios, la silvicultura, el transporte marítimo, el turismo, y la venta.

Las evaluaciones más extensas y cuantitativas se han llevado a cabo en los siguientes sectores básicos:

- La agricultura y la ganadería, donde se obtienen importantes beneficios económicos de:
 - Evitar la pérdida de cosechas debido a la acción preventiva y de protección en la fase de espera de condiciones meteorológicas adversas (heladas, granizo, lluvia, viento, inundaciones).
 - La protección de ovejas recién nacidas o recién esquiladas, de olas de frío o de otras inclemencias del tiempo.
 - Una organización más eficiente del tiempo, la mano de obra y la maquinaria necesarias para las tareas de siembra, mantenimiento y recogida de las cosechas, basándose en las predicciones meteorológicas y en la información climatológica.
 - Una utilización eficaz de la información sobre probabilidades climatológicas para la selección de cosechas, el diseño del sistema de riegos y la inversión en medidas de protección contra la sequía.
 - Un incremento en la producción y en las ventas debido al uso óptimo de fertilizantes, pesticidas, etc., gracias a la predicción de las condiciones meteorológicas.
- La aviación, sobre todo el transporte público de líneas regulares nacionales e internacionales, donde se producen los mayores ahorros de costes operativos,

relacionados con la situación de la información no meteorológica, por medio de:

- Un consumo reducido de combustible como resultado de una buena selección de rutas de vuelo para sacar partido de predicciones de vientos de cara o de cola, etc.
- Reducción del combustible consumido al transportar combustible adicional para cubrir el riesgo de un posible desvío a aeropuertos alternativos, gracias a una predicción fiable de las condiciones meteorológicas en el área de destino.
- Minimización de los costes derivados de los desvíos en la ruta originados por las condiciones meteorológicas (por ejemplo, el acomodo de pasajeros en un hotel por una noche).
- Establecer un horario mejorado de salidas y llegadas de vuelos teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas observadas y previstas.
- La reducción de desastres, donde además de los enormes beneficios sociales relacionados con la minimización de daños y pérdidas de vidas, los servicios meteorológicos eficaces permiten un mayor ahorro de costes a individuos, organizaciones y gobiernos a través de:
 - Máxima reducción de pérdidas originadas por el viento, la lluvia, el granizo, los incendios y las inundaciones gracias a la adopción de las medidas de emergencia que se llevan a cabo cuando se reciben avisos de la llegada de huracanes o de otras situaciones meteorológicas adversas.
 - Disminución de los costes de búsqueda y rescate y de los gastos de ayudas internacionales, así como los derivados de la rehabilitación de las comunidades afectadas.
 - Ahorro en los gastos que supone el despliegue de recursos humanos y técnicos para el control de emergencias (por ejemplo, la extinción de incendios), con la predicción de situaciones no peligrosas.
 - Minimización de los gastos derivados de la mitigación de los efectos de la sequía

y la consecuente recuperación por medio de políticas eficaces de almacenamiento y de optimización en la utilización de las ayudas basándose en servicios específicos de predicción y vigilancia del clima.

Los cientos de estudios de evaluación llevados a cabo en estos sectores y en algunos otros, tales como el turismo, la minería, la gestión de recursos hídricos y las operaciones en alta mar, confirman la existencia de unos beneficios económicos reales o potenciales superiores al coste total de la operatividad del sistema del SMN, a menudo incluso considerando únicamente un solo sector. Las relaciones beneficio-coste de servicios individuales van de 2:1 hasta de muchos centenares a uno (Katz y Murphy, 1997).

A pesar de estos grandes beneficios económicos directos disponibles para las personas de forma individual, las empresas, los sectores y las economías nacionales derivados del suministro de unos servicios meteorológicos a gusto del consumidor en un ambiente de mercado o de *cuasi* mercado, los mayores beneficios económicos, con diferencia, son aquellos que se producen como consecuencia del conjunto de beneficios procedentes de las decisiones de tipo económico tomadas por miembros individuales de una comunidad, basándose en el universalmente disponible servicio público de meteorología. Además de los beneficios sociales económicamente no cuantificables asociados a la mejora de la seguridad pública, se ha desarrollado alguna metodología útil (por ejemplo, Walsh, 1979; Anaman y Lellyett, 1996), para la evaluación económica de unos buenos servicios meteorológicos públicos. Su aplicación sugiere un valor económico añadido del servicio meteorológico público bastante superior al coste total del servicio mismo y de toda la infraestructura nacional que lo apoya. Las evaluaciones formales de la relación beneficio-coste del incremento de los gastos en la mejora del suministro del servicio (por ejemplo, Chapman, 1992), proporcionan una clara evidencia de un nivel superior de inversión, incluso en los servicios más avanzados.

No obstante la mayor integración de los valores económicos y medioambientales en los últimos años, particularmente desde la Cumbre de la Tierra en Río, en 1992, los beneficios potenciales de los servicios meteorológicos

para sondear la gestión medioambiental son tan significativos como para justificar una consideración separada en cualquier balance nacional de costes y beneficios del mantenimiento del sistema del servicio meteorológico nacional. Los beneficios medioambientales más obvios del servicio meteorológico incluyen:

- La capacidad para una vigilancia a largo plazo consistente de algunos de los indicadores más básicos del estado del medio ambiente.
- La contribución a la disminución de la difusión de sustancias tóxicas y otros contaminantes en la atmósfera, el océano y aguas interiores.
- Gestión eficaz de la calidad medioambiental local a través del control de emisiones en días de predicción de alta probabilidad de contaminación ambiental y similar.
- Las bases científicas y experimentales para dirigir las cuestiones más importantes que afectan al medio ambiente global, tales como la disminución de ozono estratosférico y el cambio climático inducido por las actividades humanas.

En los años 60, Kingsland (1964) y Mason (1966) presentaron estimaciones preliminares de la relación beneficio-coste económico total de los SMN en unos órdenes que van de 10:1 a 40:1. Sin embargo, con todas las dificultades e incertidumbres que contiene, la línea de investigación principal de las comunidades meteorológicas y económicas de los últimos treinta años (por ejemplo, Teske y Robinson, 1994), no es suficiente para reducir las estimaciones anteriores. Todo lo que se ha considerado supone una estimación conservadora para la mejora significativa de los servicios meteorológicos de los años 90 (Zillman, 1997(b)), y sugeriría una relación beneficio-coste total para un sistema de SMN eficaz y operativo de por lo menos 20:1.

La necesidad de un servicio oficial

Además de la base lógica del bien público fundamental para los gobiernos que han asumido la responsabilidad de financiar el suministro de los elementos esenciales del sistema del SMN, existen tres razones poderosas de por qué los gobiernos han

aceptado, históricamente, la responsabilidad de la provisión de un SMN oficial:

- En primer lugar, la necesidad de un alto nivel de estandarización y de continuidad a largo plazo en las redes de observación que proporcionan los datos comunes necesarios para asegurar un registro del clima nacional, homogéneo y de alta calidad (suficientemente fiable, por ejemplo, como para detectar y representar en un mapa cambios climáticos muy lentos a largo plazo debidos al intenso efecto invernadero), y para apoyar la predicción operativa y los servicios de alerta para la aviación civil y militar, y otros objetivos que pueden repercutir de una manera crítica en la seguridad de vidas y propiedades.
- En segundo lugar, la necesidad de asegurar los más altos niveles de profesionalidad y objetividad en la preparación de las predicciones, que salvaguardan la vida y las propiedades, y que están basadas en la total cooperación de todos los posibles suministradores de datos y evitando la competición, que inevitablemente conduciría a la retención de información vital y/o a la provisión de información peligrosamente confusa para el público, sobre todo en situaciones que suponen una amenaza de riesgo para la vida; y también de asegurar la existencia de una única fuente autorizada de información y avisos como base para la adopción de medidas de preparación coordinada en situaciones de desastre potencial.
- En tercer lugar, la necesidad de una única fuente autorizada de información interna consistente y responsable de asesorar sobre el cumplimiento de las obligaciones internacionales de los países bajo los convenios intergubernamentales que rigen la provisión de apoyo meteorológico para la seguridad, la regularidad y la eficacia de la navegación aérea internacional y de la seguridad de la vida humana en el mar.

Estas consideraciones se aplican con mayor fuerza hoy más que nunca, debido al creciente predominio de las economías de mercado tanto en el mundo desarrollado como en el mundo en vías de desarrollo (Bryan y Farrell, 1996). Es muy importante reconocer

que las fuerzas de mercado no proporcionarán, ni los salarios de los usuarios podrán mantener, la recogida de datos de alta calidad a largo plazo y la infraestructura de procesado necesaria para asegurar los servicios meteorológicos profesionales y fiables que las comunidades modernas demandan y las futuras generaciones tienen derecho a heredar. Tampoco el sector privado, en un mundo que cada vez se halla más en litigio, estará en disposición de aceptar las consecuencias de la recriminación de la comunidad por unas predicciones y avisos deficientes o erróneos como resultado de una infraestructura débil y de la competencia profesional debida a que únicamente intervienen las fuerzas de mercado.

Marco institucional y jurídico

El marco jurídico para la operatividad de los SMN varía según los países. Algunos SMN se establecen formalmente bajo leyes nacionales específicas para la provisión de servicios meteorológicos (acuerdos parlamentarios, decretos reales o presidenciales, etc.), otros se basan en disposiciones de secciones importantes de otras leyes (por ejemplo, en la aviación civil o para la defensa), otros se establecen y adquieren poder a través de regulaciones y otras formas de legislación, y también hay SMN que se crean por medio de simples decisiones administrativas del gobierno del momento. En varios países el marco legal básico del SMN define su misión, funciones y competencias con gran detalle. En otros sólo existe una breve descripción de sus objetivos y de sus funciones y responsabilidades fundamentales en los archivos ministeriales.

Institucionalmente, algunos SMN funcionan como agencias estatales que informan directamente a los ministros, primeros ministros o presidentes aunque gozan de un alto nivel de autonomía operativa y de libertad en el control político y burocrático diario. Otros se constituyen en departamentos de estado que informan a los ministros o sus equivalentes en sistemas no ministeriales. Por otro lado, hay otros que se establecen como parte de departamentos, como organismos auxiliares casi autónomos de los mismos o como agencias separadas. En algunos casos, antiguos SMN han sido restablecidos como sociedades anónimas que funcionan bajo la legislación de empresas vigente y suministran los servicios mediante un contrato administrativo.

Terminología

No existe una definición de Servicio Meteorológico Nacional extendida ampliamente, a pesar de que el concepto y la terminología se establecieron hace mucho tiempo, y que en el texto original de 1947 del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1990) se incluyen varias referencias a los Servicios Meteorológicos de los Estados Miembros. En el lenguaje de la OMM se denomina a los Servicios Meteorológicos Nacionales (responsables a nivel nacional de la meteorología), a los Servicios Hidrológicos Nacionales (responsables a nivel nacional de la hidrología operativa) y a los Servicios Hidrometeorológicos Nacionales (responsables a nivel nacional de la meteorología y de la hidrología operativa) con las siguientes abreviaturas:

- SMN—Servicio Meteorológico o Hidrológico Nacional.
- SHN—Servicio Hidrológico Nacional.
- SMHN—Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales.

El *Vocabulario Meteorológico Internacional* (OMM, 1992) define el término de “servicio meteorológico” como “organismo nacional o regional, técnico, científico y administrativo, cuyas actividades se refieren a las diferentes partes teóricas y prácticas de la meteorología”, e identifica como sinónimos aceptables a “instituto meteorológico”, “oficina meteorológica” y “departamento de meteorología”.

Para los propósitos de este artículo, una definición útil de SMN es: “organización que se ha establecido y que funciona principalmente con financiación pública, con el objetivo de llevar a cabo las funciones meteorológicas y las relacionadas con ellas, que los gobiernos aceptan como responsabilidad suya en apoyo de la seguridad, el bienestar general de los ciudadanos y el cumplimiento de sus obligaciones internacionales en virtud del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial”.

El objetivo y la función de un SMN

En el Cuarto Plan a Largo Plazo de la OMM (OMM, 1996), se destaca que el objetivo fundamental de todos los SMHN es el de contribuir al beneficio social y económico, y al

bienestar de sus comunidades. La finalidad de un SMN puede definirse, de este modo, según su contribución a las siguientes metas principales de ámbito nacional:

- Reducción del impacto de los desastres naturales.
- Desarrollo económico y prosperidad de la industria primaria, secundaria y terciaria.
- Seguridad de vidas y bienes.
- Seguridad nacional e internacional.
- Protección y aumento de la calidad medioambiental.
- Salud de la comunidad, ocio y calidad de vida.
- Planificación, gestión y funcionamiento eficaces del gobierno y de los asuntos de la comunidad.
- Atención de las necesidades de información para las generaciones futuras.
- Avance en los conocimientos y la comprensión de los sistemas naturales del planeta.

De acuerdo con el Cuarto Plan a Largo Plazo, el papel cotidiano más importante de la mayor parte de los SMHN es el de proporcionar información meteorológica y climatológica, y predicciones y avisos de situaciones meteorológicas e hidrológicas adversas, y el de asegurar la evaluación y la predicción de la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Debido a que los sistemas meteorológicos mundiales siempre están interactivos, ningún país puede ser enteramente autosuficiente en la provisión de todos sus servicios meteorológicos. Las redes nacionales de las estaciones meteorológicas están integradas en una red de observación global del tiempo y del clima bajo la estructura de la Vigilancia Meteorológica Mundial y del Sistema Mundial de Observación del Clima de la OMM. De este modo, los SMN, al llevar a cabo las funciones cotidianas de apoyo a las actividades económicas y sociales nacionales, sirve tanto a los intereses de sus ciudadanos como a los de toda la comunidad global.

El papel más importante de los SMHN para ayudar a la planificación nacional para el desarrollo sostenido a largo plazo, es el de recopilar, archivar, interpretar y aplicar la información meteorológica, hidrológica y toda aquella que esté relacionada. Este papel

constituye una parte, en rápido crecimiento, del trabajo de los numerosos SMHN, y la OMM ha desarrollado pautas específicas para ayudar a mejorar su contribución en la consecución de las metas del desarrollo sostenido (OMM, 1993).

Misión y funciones

La función completa de un SMN moderno e integrado, que funcione dentro de la estructura internacional de la OMM, es la de observar, comprender y predecir el tiempo y el clima de su país, y también la de proporcionar servicios meteorológicos y afines como apoyo a sus necesidades nacionales y a las obligaciones internacionales. Se encuentra, de esta manera, envuelto en una quintuple misión: vigilancia, investigación, modelización, suministro de servicios y cooperación internacional.

Aunque se supone que cada país diseña su SMN como soporte de su misión, de acuerdo con las necesidades nacionales y sus circunstancias, su asignación de otras funciones relacionadas con la meteorología, y su especial combinación de agencias entre los sectores públicos y privados, existen numerosas funciones básicas que han sido históricamente comunes a casi todos los SMN, independientemente de su tamaño, sistema económico, situación geográfica y estado de desarrollo. Las funciones esenciales más frecuentes de un SMN de un país Miembro de la OMM se pueden resumir en:

- La planificación, la realización, el funcionamiento y el mantenimiento de las redes de observación de superficie y en la alta atmósfera sobre su territorio.
- La provisión y el mantenimiento de sistemas de recopilación y control de calidad de los datos de observación, y su proceso para la provisión de servicios meteorológicos y climatológicos en tiempo real y de servicios medioambientales relacionados, la organización del registro climático nacional y el apoyo a la investigación meteorológica.
- El progreso de la ciencia y la tecnología meteorológicas y el desarrollo y mejora de sus operaciones y servicios a través del apoyo a la investigación y el desarrollo.
- La provisión y el manejo de modelos y sistemas de predicción meteorológica apropiados para su área geográfica de responsabilidad.

- La provisión de una serie de servicios de información, predicción y elaboración de avisos de alerta meteorológica para la comunidad a gran escala, principalmente a través de los medios de comunicación.
- El suministro de un conjunto de servicios meteorológicos operativos dirigidos a sectores específicos como la agricultura, la navegación, la aviación y la defensa nacional –ya sea por interés público o bien como servicio de pago por parte del usuario– a través de los medios de comunicación y de otros canales.
- El suministro de apoyo meteorológico a servicios medioambientales relacionados, tales como la predicción hidrológica y la protección de la calidad del aire.
- El mantenimiento de un archivo nacional del clima y el suministro de datos climáticos y de servicios de vigilancia y de predicción del clima.
- Un servicio de asesoramiento meteorológico para la formulación de políticas gubernamentales y otros propósitos, de utilidad para otras agencias estatales y para su comunidad nacional.
- La educación de su comunidad nacional en los procesos y asuntos relacionados con el tiempo y el clima, y en el uso beneficioso de los servicios meteorológicos y afines.
- El cumplimiento de sus obligaciones en virtud del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial y el fomento de sus intereses nacionales por medio de la participación en los programas y en las actividades de la OMM.

Asociadas a estas funciones básicas, y llevadas a cabo en una proporción variable por casi todos los SMN, existe una lista de otras actividades de apoyo que pueden controlarse como parte integral de las operaciones del SMN o que pueden proporcionarse desde fuentes externas, incluidas las internacionales:

- El suministro y el funcionamiento de sistemas de telecomunicaciones para asegurar un intercambio nacional e internacional rápido y fiable de datos y productos del SMN.
- La formación de una plantilla de especialistas en meteorología para las operaciones del SMN.

- El manejo de medios tecnológicos de información de apoyo.
- La publicación de informes y boletines meteorológicos.
- El mantenimiento de una biblioteca meteorológica nacional con datos y publicaciones científicas.

En la práctica, dependiendo de los países, existe una amplia variabilidad respecto al alcance de las responsabilidades que los SMN tienen asignadas en la vigilancia, la investigación y funciones de servicio en disciplinas medioambientales/geofísicas afines como la oceanografía, la hidrología, la sismología y la física de la ionosfera. Varios SMN también funcionan como, o incluyen dentro de sus responsabilidades las funciones de, los Servicios Oceanográficos Nacionales (SON). Unos 50 ó más SMN abarcan también responsabilidades hidrológicas (sobre todo predicción y aviso de alerta por inundaciones), y otros tienen la responsabilidad de realizar la vigilancia y la predicción sismológica. Estos acuerdos deben entenderse en el ámbito del Convenio de la OMM, bajo el que la OMM es responsable de la hidrología operativa dentro del sistema de la ONU (complementando la responsabilidad de la UNESCO en hidrología científica), y comparte la responsabilidad internacional de la oceanografía operativa con la COI (Comisión Oceanográfica Intergubernamental) de la UNESCO, pero no posee una responsabilidad explícita formal para la vigilancia y predicción sismológica e ionosférica, a este nivel.

Concepto de operatividad

El concepto básico de la operatividad de un SMN se resume esquemáticamente en la Figura 4 en lo que se refiere a los componentes esenciales de su misión, que reflejan la estructura integrante de la Figura 3. La Figura 4 representa el papel central de la infraestructura básica de observación, proceso de datos y modelización que proporciona un núcleo informativo común del que dependen prácticamente todos los servicios y demás productos del SMN (incluyendo los descubrimientos de la investigación y los datos y productos para el intercambio internacional). En esta representación, el componente de ayuda a la investigación y otras actividades habituales, no especificadas, de apoyo interno,

como los servicios relacionados con el personal y la propiedad y los servicios financieros, se pueden agrupar por separado, o se pueden distribuir, mediante prorrateo, entre los diferentes servicios y productos. La infraestructura básica, de forma alternativa pero de modo equivalente con respecto a su implicación en la atribución de costes, puede considerarse como proveedora del fundamento para una serie de servicios y otros productos (incluyendo la investigación y los productos internacionales), con una investigación de apoyo y otros gastos de actividades de ayuda, distribuidos entre los productos como muestra la parte izquierda de la Figura 5. La parte derecha de la Figura 5 representa un enfoque diferente en el cual la infraestructura básica y los servicios con costes crecientes, actividades de investigación y de intercambio internacional, se consideran como un grupo separado de productos con los costes de apoyo general atribuidos a un prorrateo entre ellos al objeto de determinar los presupuestos de producción.

El concepto completo de operatividad, representado esquemáticamente en las Figuras 4 y 5, se elabora en términos más operativos en la



Figura 4 — El concepto de operatividad de un Servicio Meteorológico Nacional con una misión de servicio internacional integrado de vigilancia, investigación y modelización. La infraestructura básica de recopilación, proceso y modelización de los datos meteorológicos nacionales sirve como núcleo común en el que se basan todos los servicios y demás productos del SMN. En este modelo de funcionamiento de un SMN, la gestión general y otros costes de apoyo son hipotéticamente prorrateados a través de los productos.

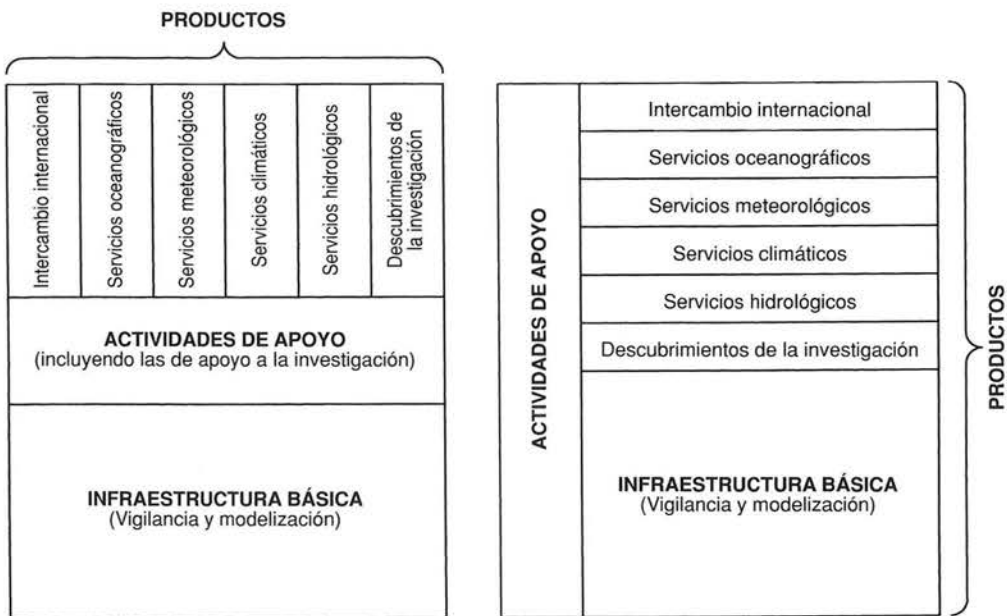


Figura 5 — Dos modelos alternativos para la atribución de los costes de las actividades comunes de apoyo entre el conjunto total de productos (*izquierda*) y a través de la infraestructura básica (tratada aquí como un fin por sí misma) y el incremento en la producción (*derecha*)

Figura 6. Como se muestra esquemáticamente en esta última, la operatividad de un SMN está basada en una organización de las redes y de los sistemas de observación (con base en superficie y con base en el espacio), para obtener información del estado actual ("inicial"), de la atmósfera y de la tierra y el mar subyacentes.

Esta información se recopila rápidamente a través de una diversidad de sistemas de comunicaciones y, junto con información similar procedente de alta mar, se utiliza por los Centros Meteorológicos Nacionales (muchos de los cuales usan hoy en día algún modelo de predicción que requiere la utilización de

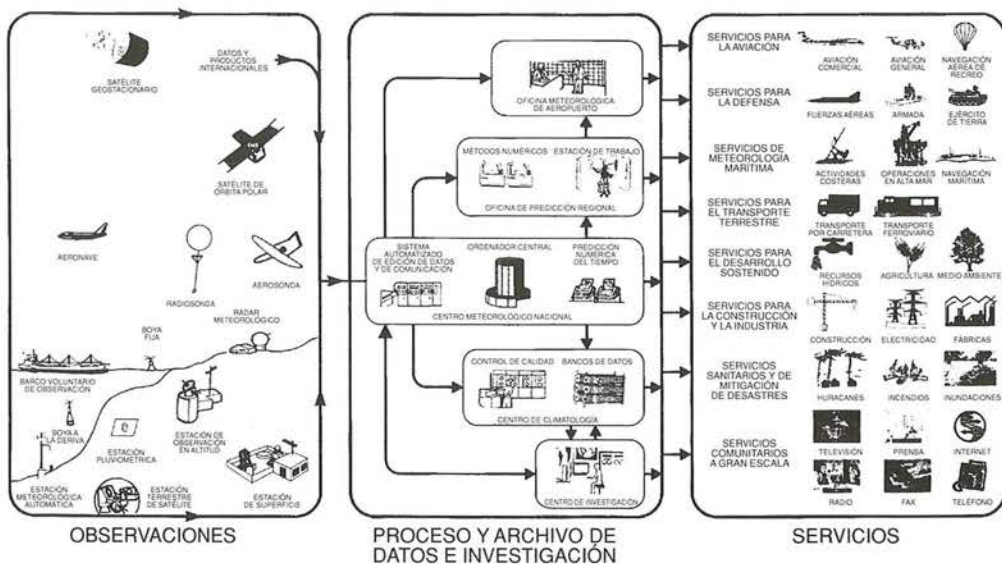


Figura 6 — El funcionamiento de un Servicio Meteorológico Nacional, basado en una serie de sistemas y redes de observación (*izquierda*), con medios para el proceso de datos, su archivo, investigación y modelización (*centro*), y el suministro de los servicios a una amplia gama de usuarios a través de una variedad de mecanismos de distribución (*derecha*)



Figura 7 — Los elementos esenciales de un sistema integrado de observación global de la atmósfera basado en las contribuciones de los Servicios Meteorológicos Nacionales de los países Miembros de la OMM

ordenadores), para producir patrones de predicción de las variables meteorológicas más importantes con una semana o más de antelación. El Centro Meteorológico Nacional los utiliza o distribuye a oficinas de predicción no centralizadas, para apoyar un conjunto de servicios de información, predicción y avisos a la comunidad, a gran escala, y para los diferentes grupos de principales usuarios. También resultan rápidamente accesibles para el suministro de servicios especializados a clientes individuales de sectores privados.

Paralelamente a estas operaciones y servicios en “tiempo real”, los datos básicos se canalizan a través de procesos de control de calidad y de otro tipo, dentro de la parte de tiempo no real del SMN, cuya tarea principal es la de producir y mantener el archivo nacional de datos climáticos como base para un amplio margen de servicios climáticos, incluidos los servicios para las comunidades de investigación internas y externas. Gracias a la moderna tecnología de la información, la distinción entre las tradicionales actividades en tiempo real y en tiempo no real del SMN está desapareciendo de forma cada vez más rápida, ya que los SMN llevan a cabo sistemas de proceso de datos

completamente integrados y se ocupan de una provisión “sin costuras” de gran alcance con servicios meteorológicos y climatológicos dependientes entre sí.

Vigilancia y modelización

El papel del SMN como la autoridad nacional para la vigilancia a largo plazo del estado de la atmósfera, tiene una importancia fundamental y está bien establecido en la mayoría de los países. Resulta esencial tanto para la integridad del banco de datos climático nacional, como para la contribución que hace cada país al sistema de observación global integrado de la atmósfera (Figura 7), bajo la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM (Figuras 8 y 9), que la función de control se lleve a cabo atendiendo los más altos niveles de normalización utilizando las técnicas de medición y las prácticas de observación acordadas en las normas internacionales. Es habitual que las redes de observación satisfagan la totalidad de las necesidades nacionales con, básicamente, los mismos datos que se procesan en los registros climáticos para elaborar predicciones y avisos operativos, y para realizar servicios de asesoría.

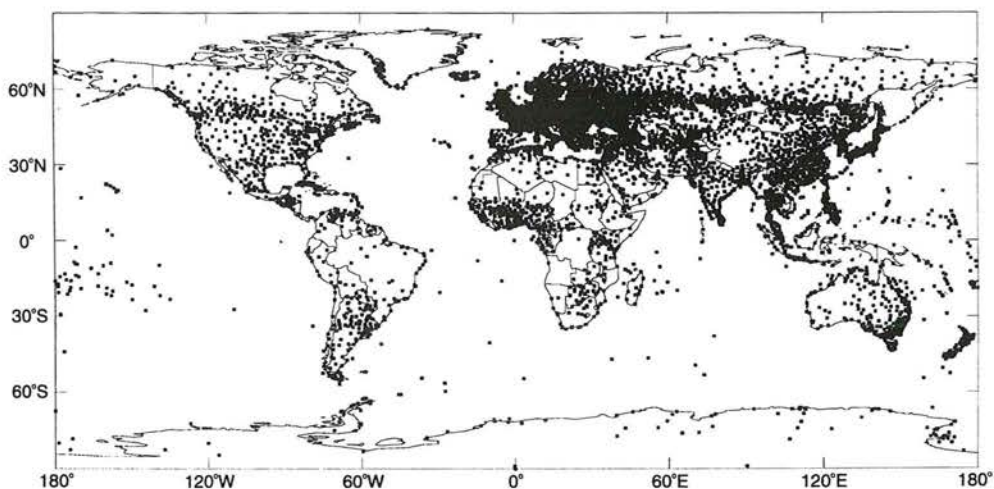


Figura 8 — La Red de Observación de Superficie del Sistema Mundial de Observación de la Vigilancia Meteorológica Mundial, se basa en unas 10 000 estaciones sinópticas manejadas por los Miembros de la OMM

Algunos países emplean una configuración de red básica de fines múltiples, con redes adicionales más especializadas para fines concretos tales como la aviación, la agricultura, etc. Otros mantienen también un número limitado de estaciones climatológicas de alta calidad como puntos de referencia, al objeto de detectar posibles tendencias del clima a largo plazo. La mayoría de los países utilizan una red de estaciones pluviométricas operativas con fines climáticos mucho mayor de la que normalmente está disponible para el control en tiempo real.

Las redes rutinarias de vigilancia nacional que gestiona un SMN consisten, habitualmente, en:

- Un pequeño conjunto de estaciones sinópticas completas y de estaciones de observaciones sinópticas en altitud, equipadas las veinticuatro horas, y suministrando dos o cuatro veces al día observaciones en altitud y cada hora o media hora, observaciones sinópticas en superficie. A menudo se encuentran dotadas de aparatos radar de vigilancia atmosférica.
- Una red mayor de estaciones sinópticas en superficie controlada por personal colaborador —ya sea con carácter altruista, o remunerado mediante contrato— normalmente ajeno al SMN.
- Una red de estaciones pluviométricas mucho más extensa y que usualmente es mantenida por colaboradores voluntarios.
- Una serie de observaciones o de redes con fines especiales (medidas de la radiación

solar, ozono, etc.), manejadas por el propio SMN, por personal colaborador o mediante una relación contractual.

Cada uno de estos componentes contribuye al correspondiente del Sistema Mundial de Observación de la Vigilancia Meteorológica Mundial (Figura 8).

El papel del proceso de datos y de la modelización numérica de la red mundial de Centros Meteorológicos Nacionales (Figura 9), y los canales de comunicación a través de los que se recopila y se distribuyen sus datos y productos, actúan, análogamente, como componentes básicos del Sistema Mundial de Telecomunicación y del Sistema Mundial de Proceso de Datos (SMPD) de la Vigilancia Meteorológica Mundial. El SMPD está constituido por las funciones de proceso de datos y de modelización (PMN) del triple sistema de Centros Meteorológicos Mundiales, Regionales/Especializados y Nacionales que se muestra en la Figura 9.

Investigación

El grado de integración de las labores de investigación nacional en el campo de las ciencias atmosféricas dentro de las actividades del SMN varía de un país a otro. Aunque el fundamento científico de la provisión de servicios meteorológicos hace prácticamente esencial que el SMN mantenga cierta capacidad investigadora de apoyo, para continuar desarrollando y mejorando sus servicios, algunos países poseen agencias u organismos

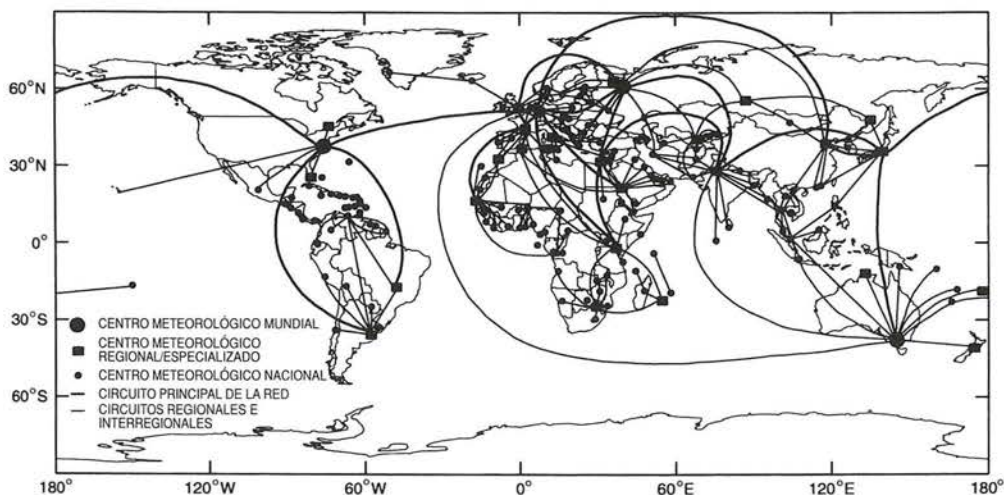


Figura 9 — La red mundial de los Centros Meteorológicos Mundiales, Regionales/Especializados y Nacionales de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM, y las conexiones de comunicación más importantes del Sistema Mundial de Telecomunicación de la Vigilancia Meteorológica Mundial

autónomos de investigación meteorológica nacional y también departamentos meteorológicos en las universidades, que colaboran con los SMN en el suministro de apoyo a la investigación estratégica para las actividades y los servicios del SMN. Una de las ventajas más importantes del modelo integral de "servicio meteorológico-centro de investigación" en el funcionamiento de un SMN, es el mayor flujo de personal de la parte de investigación a la de los servicios y viceversa, lo que comporta un traslado más efectivo del progreso científico para la mejora del servicio. En aquellos países donde se ha adoptado el modelo integral, es más probable que el SMN sea considerado como una parte significativa de la estructura científica nacional.

Los dos frentes de la labor investigadora del SMN pueden reflejarse convenientemente en su organigrama, donde aparece identificada en dos objetivos separados:

- Fomentar la comprensión científica del tiempo y del clima.
- Apoyar las actividades internas y los servicios del SMN.

Uno de los asuntos más problemáticos que surgen en los países que mantienen una gran agencia multidisciplinaria de investigación financiada por el gobierno, es el de cómo controlar el campo de actuación común del SMN —en calidad de organismo especializado en meteorología y responsable del control, la

investigación y el suministro de servicios, y que además se halla estrechamente relacionado con la oceanografía y la hidrología— y de la agencia de investigación multidisciplinaria que funciona a través de la oceanografía, la meteorología, la hidrología y otras disciplinas pero que abarca, tan sólo ligeramente, el campo de actuación del control rutinario y la provisión de servicios. En la Figura 10 se muestra esquemáticamente un modelo conceptual de la división de responsabilidades, que se considera útil en algunos países. Bajo este modelo, el SMN concentra sus esfuerzos de investigación en las proximidades del límite aplicado del campo de investigación, involucrándose tan sólo en la investigación principal. La agencia de investigación multidisciplinaria, por otro lado, concentra sus esfuerzos en el fin fundamental del campo de investigación meteorológica con una cantidad mucho menor de investigación y desarrollo aplicados. Habitualmente se necesita un mecanismo de coordinación entre las agencias, para controlar las interacciones y unir las actividades que se desarrollen en un campo de actuación conjunto.

Provisión de servicios

En casi todos los países, el SMN es sobradamente conocido en su faceta de suministrador de una amplia gama de servicios a prácticamente todos los sectores de la comunidad. Sus actividades se centran en la provisión de información sobre el estado de la

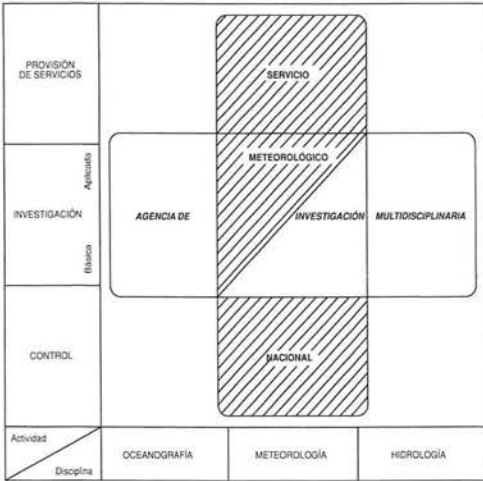


Figura 10—Un modelo útil para la división de funciones de investigación entre los Servicios Meteorológicos Nacionales y la Agencia Nacional de Investigación Medioambiental Multidisciplinaria

- Suministro de información acerca de las condiciones pasadas a partir de los registros históricos de datos.
- Información del estado actual de la atmósfera, los océanos y las aguas superficiales.
- Provisión de predicciones de las condiciones previstas, en especial de avisos de situaciones meteorológicas o climatológicas adversas, incluyendo el posible cambio climático que pueda inducir en el futuro la actividad humana.
- Asesoramiento en las ciencias meteorológicas, hidrológicas y oceanográficas, y su aplicación a las necesidades de la comunidad.
- Orientación de la investigación hacia los problemas científicos que son característicos de la atmósfera, del océano o de las aguas interiores.

atmósfera (el tiempo, el clima y, en determinados países, la calidad del aire), y en menor medida, sobre el estado de los océanos y aguas interiores subyacentes. Esto origina la siguiente subdivisión en cinco grandes grupos (Figura 11):

La frontera entre lo que coloquialmente se denomina como servicios "meteorológicos" y "climatológicos", es algo arbitrario que se sitúa de forma diferente dependiendo de los distintos países. La vigilancia y predicción de la contaminación del aire tiene, normalmente, el

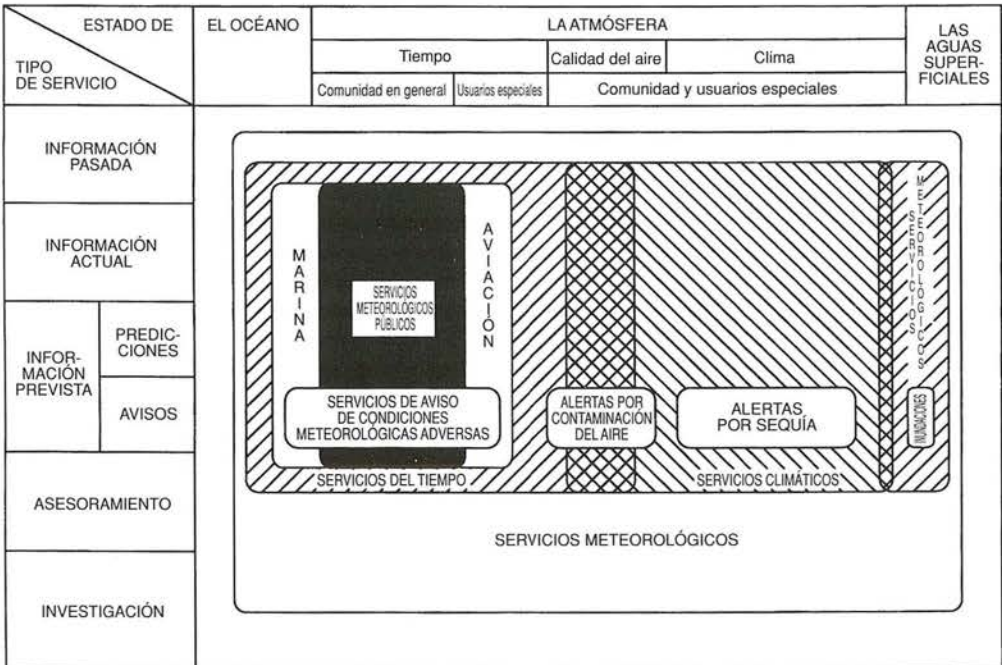


Figura 11—La estructura y el alcance de los servicios meteorológicos que habitualmente suministra un Servicio Meteorológico Nacional

máximo interés en las escalas temporales “meteorológicas” pero, a largo plazo, las tendencias de la calidad del aire son de una importancia enorme para determinar la futura configuración del clima regional y global en escalas de tiempo que van de una década a un siglo.

Mientras que la organización y el alcance de los servicios suministrados varían en una gran proporción de un país a otro como respuesta a las necesidades y posibilidades nacionales, existen algunos servicios básicos importantes que son prioritarios en casi todos los SMN.

Servicios de aviso o alerta por condiciones meteorológicas adversas

En la mayor parte de países, sobre todo en aquellos que son objeto de peligros naturales frecuentes tales como huracanes, tifones, tornados, temporales, inundaciones, sequías e incendios forestales, la provisión de servicios fiables de alerta de situaciones meteorológicas adversas se contempla como la función más prioritaria del SMN. En muchos países se considera la razón fundamental de su existencia e, incluso, funciona como una rama estatal financiada públicamente.

La pérdida anual de vidas en todo el mundo por desastres naturales de origen meteorológico se cifra en más de 100 000, y las pérdidas económicas en más de 100 billones de dólares. Estas cantidades se encuentran en aumento durante los últimos años como consecuencia del crecimiento de la densidad de población en las costas, en las llanuras inundables y en otras áreas propensas a los desastres. Sin embargo, existe una evidencia clara de que estas pérdidas serían mucho mayores –probablemente en más de un orden de magnitud– si no fuera por las medidas de prevención y de reducción de desastres que es posible adoptar a partir del suministro de información de avisos anticipados procedentes de los SMN de los países afectados.

Los servicios de alerta que gestionan los SMN abarcan un amplio conjunto de peligros naturales e inducidos por la actividad humana (De y Joshi, 1998; Saltbones y Nielsen, 1998; Zillman, 1999), que incluyen los servicios de vigilancia y alerta para:

- Fenómenos meteorológicos violentos
 - Ciclones tropicales (incluidos los huracanes y tifones)

- Incendios forestales originados o favorecidos por las condiciones meteorológicas
- Nieve (tormentas de nieve, ventiscas de nieve, turbonadas con nieve, paisaje blanco)
- Tormentas de polvo y arena
- Tormentas violentas (granizo, relámpagos, turbonadas, rachas de viento muy fuertes)
- Tornados y trombas marinas
- Turbulencia
- Ventiscas y temporales de invierno
- Vientos fuertes, de temporal o huracanados
- Otras condiciones meteorológicas peligrosas
 - Brotes de frío (olas de frío, heladas, formación de hielo en carreteras, en ríos y en lagos)
 - Exposición a la radiación ultravioleta de tipo B
 - Lluvia y llovizna congelante, aguanieve
 - Niebla y nubes bajas
 - Olas de calor
- Situaciones de riesgo por la calidad del aire
 - Calima de humo
 - Cenizas volcánicas
 - Contaminación urbana del aire (humo pardo, *smog*)
 - Escapes de gas venenoso
 - Lluvia ácida
 - Polvo residual radioactivo
- Situaciones de riesgo climático
 - Enfermedades de cosechas
 - Plagas de insectos y otros animales (saltamontes, ratones, etc.)
 - Sequía
- Peligros relacionados con el mar
 - Corrientes (ondas de fondo y otras corrientes peligrosas)
 - Hielo marino (témpanos flotantes y hielo fijo)
 - Icebergs
 - Mar de fondo
 - Marea de tempestad
 - Olas gigantes o tsunamis
- Riesgos hidrológicos
 - Erosión y deslizamientos de tierra
 - Inundaciones (incluyendo las crecidas repentinas)

- Invasión de algas (en condiciones de caudal bajo)

Naturalmente, no todos los países están expuestos a la totalidad de este conjunto de situaciones que entrañan riesgos y el papel de generador de avisos del SMN tiene que ajustarse tanto a las necesidades particulares como a la vulnerabilidad de la región o del país afectado. El diseño de los sistemas de alerta y su funcionamiento tiene que implicar también a muchas otras disciplinas y organizaciones nacionales. Resulta especialmente importante que el sistema de alertas funcione como una parte integral de un sistema total nacional anti-desastres (Zillman, 1999), y que el servicio meteorológico e hidrológico de alerta esté introducido en un servicio público del tiempo más amplio para la comunidad, con el fin de asegurar un alto nivel de respuesta que proporcione un asesoramiento oficial sólido en situaciones de amenaza para la población. Aunque algunos países permiten la difusión pública de predicciones meteorológicas contradictorias a través de los medios de comunicación, casi todos las naciones insisten en la difusión de un único servicio oficial de emisión de avisos con objeto de evitar la confusión en la comunidad y de garantizar su preparación más eficaz posible ante situaciones

potenciales de riesgo. La declaración de la Conferencia sobre Sistemas de Aviso Anticipado de Potsdam (EWC, 1998), hizo hincapié en que “el aviso anticipado ha de ajustarse a las necesidades de la población, su entorno y sus recursos. Un aviso anticipado satisfactorio requiere un acceso sin restricciones a los datos que se encuentran disponibles de forma libre para su intercambio. Y por último toda la información resultante tiene que ser creíble, y proceder de una sola autoridad designada de forma oficial”. En todos los países, la intervención de los medios de comunicación como parte esencial del funcionamiento del sistema de alerta tiene una importancia crítica para su eficacia en la reducción de la mortalidad de los desastres naturales.

Puede estimarse que el funcionamiento real del sistema de alerta se compone de una serie de elementos bastante bien definidos, como los que se mencionan a continuación (Figura 12):

- Recopilación de datos.
- Vigilancia rutinaria.
- Detección de peligros (incluyendo la identificación de las condiciones medioambientales que favorecen la formación de condiciones peligrosas).

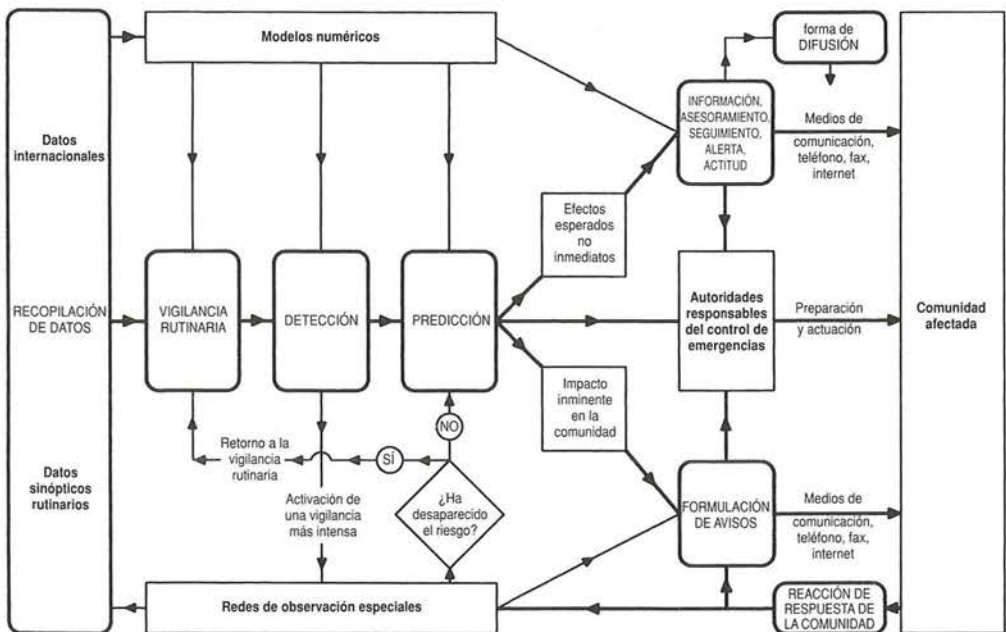


Figura 12— Los elementos esenciales en el funcionamiento de un sistema de alerta meteorológica, que incluye los pasos fundamentales de la recopilación de datos, la vigilancia rutinaria, la detección, la predicción, el seguimiento y la formulación de avisos, la difusión y la acción de respuesta de la comunidad

- Predicción de situaciones que entrañan peligro.
- Seguimiento y formulación de avisos.
- Difusión de la información.
- Respuesta y reacción de la comunidad.
- Apoyo posterior al desastre.

Desde un punto de vista organizativo, estos elementos pueden estar integrados en la rutina diaria del Centro Meteorológico Nacional o de la Oficina de Predicción Regional o, en algunos países, pueden establecerse centros de aviso especializados con responsabilidades de vigilancia y alerta nacional para determinados grupos de fenómenos meteorológicos violentos.

Para que un servicio de alerta sea efectivo se requiere que exista un alto grado previo de concienciación sobre la amenaza y una acción de respuesta apropiada por parte de la comunidad afectada. Los SMN desempeñan un papel fundamental proporcionando formación a las comunidades nacionales sobre la naturaleza y la extensión del riesgo que supone la aparición de fenómenos violentos, y también sobre la preparación y las medidas de respuesta adecuadas, incluyendo cómo hacer mejor uso de la información que se suministra a través del servicio de alerta pública. Esto es más importante en los países –en su mayor parte en los trópicos– donde los fenómenos naturales peligrosos suelen ocurrir cada poco tiempo. Sin embargo, resulta significativo que a menudo los países que experimentan muy raramente sucesos de tiempo severo, son los más vulnerables cuando aquéllos tienen lugar.

Servicios públicos de meteorología

En casi todos los países del mundo, la faceta del SMN más conocida públicamente, es la habitual de servicio público de meteorología, distribuido a gran escala a toda la comunidad a través de los medios de comunicación, y a menudo complementado con una serie de prestaciones para el acceso individual de los usuarios. El servicio meteorológico que se ofrece de forma pública consiste normalmente en un conjunto de información sobre el tiempo actual (temperaturas máximas y mínimas, lluvias, etc., referidas a las pasadas 24 horas), una descripción de mapas sinópticos actuales y previstos, y un grupo de predicciones y de avisos para un período de tiempo que va desde

el día siguiente hasta diez días después, dependiendo de los grados de precisión que se puedan conseguir.

La atención que se presta a los diferentes sistemas de difusión de la información varía notablemente de un país a otro, aunque la mayor parte de ellos se basan en gran medida en la cooperación con los medios de comunicación escritos y electrónicos. De acuerdo con el establecimiento formal del Programa de Servicios Públicos de Meteorología, en 1991, en muchos países se está poniendo cada vez más énfasis en el concepto de una buena relación de interés público, entre el SMN y los medios de comunicación para atender las necesidades más importantes de la comunidad (OMM, 1996(b)). Algunos países han establecido acuerdos formales entre los SMN y ciertas organizaciones relacionadas con la comunicación, en los que se establecen las prácticas y normas generales que han de observarse a la hora de comunicar la información a la sociedad. La comunidad es, por lo general, intolerante con la información del tiempo contradictoria en situaciones en que existe un especial interés por conocer las condiciones meteorológicas, y los SMN se ven presionados a encontrar la forma de garantizar la consistencia de la información que salga de los medios de comunicación. En este sentido, es particularmente importante el concepto de servicio meteorológico público "oficial".

Además de los medios de comunicación, hay otros mecanismos que desempeñan un papel clave en proporcionar la información a los usuarios que la necesitan, como son el fax y los contestadores telefónicos. En estos últimos años, la red de Internet ha surgido como una fuente fundamental de información del tiempo para un amplio grupo de usuarios, añadiéndose así a los sistemas de comunicación que se dedican a ese propósito específico, como son los canales de radio y televisión especializados en información meteorológica que funcionan en varios países.

Servicios de meteorología marítima

Uno de las funciones más importantes que tienen los SMN en los países con costa es la provisión de servicios meteorológicos marítimos y oceanográficos afines, en apoyo de la seguridad de la navegación y de las actividades en alta mar. La práctica totalidad de

SMN marítimos basados en el interés público proporcionan información sobre las condiciones actuales y previstas del viento, el oleaje y el estado del tiempo en general, y emiten avisos de galernas y de otras situaciones de tiempo adverso para las aguas costeras como ayuda a la seguridad en las actividades pesqueras, en el transporte costero y en la navegación recreativa; además, muchos SMN también cumplen con sus obligaciones nacionales adquiridas en el Acuerdo Intergubernamental del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar ((SOLAS), 1974) y sus posteriores enmiendas y revisiones. En virtud del SOLAS, que se creó tras las desastrosas consecuencias de la tragedia del *Titanic*, los gobiernos implicados se comprometieron a estimular la recopilación de datos meteorológicos procedentes de barcos en el mar y de cooperar para llevar a cabo un número de actividades importantes de apoyo a la seguridad de la navegación marítima. Entre éstas se incluyen:

- Los barcos que avisan de la llegada de galernas, temporales y ciclones tropicales a través de la emisión de información en texto y, en la medida que sea posible, en formato gráfico, utilizando los medios apropiados con base en estaciones costeras para los servicios de radiocomunicación terrestre y espacial.
- La emisión, por lo menos dos veces al día, por medio de los servicios de radiocomunicación terrestre y espacial que se requieran, de la información meteorológica adecuada para la navegación, que contiene datos, análisis, avisos y predicciones del estado del tiempo, de las olas y del hielo. Esta información se transmite en texto y, si es posible, en formato gráfico, e incluye los mapas de análisis y predicción del tiempo transmitidos vía facsímil o en formato digital para su reconstrucción a bordo con el sistema de proceso de datos del barco.
- La organización de una selección de barcos que estén equipados con instrumentos meteorológicos marinos calibrados... y la toma, registro y transmisión de las observaciones meteorológicas a las horas principales convenidas para el análisis de las observaciones sinópticas de superficie...

- La organización del proceso de recepción y transmisión de mensajes meteorológicos desde y para los barcos, utilizando los medios apropiados con base en estaciones costeras para los servicios de radiocomunicación terrestre y espacial.
- El esfuerzo para obtener un procedimiento uniforme que tenga en cuenta los servicios meteorológicos internacionales ya especificados y, en la medida de lo posible, que cumpla las normativas y recomendaciones técnicas de la OMM, a la que los gobiernos implicados pueden referir, a efectos de su estudio o asesoramiento, cualquier cuestión meteorológica que surja al llevar a cabo el Convenio.

Las obligaciones nacionales bajo las Enmiendas de 1998 del SOLAS para el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima (SMSSM), se cumplen bajo los auspicios de las disposiciones desarrolladas a través del sistema de emisión radiofónica marina de la OMM para el SMSSM. En virtud de este sistema, unos SMN determinados preparan las predicciones, los avisos, los mensajes sinópticos y otros mensajes meteorológicos, para su difusión por parte de un grupo menor de SMN, que han aceptado la responsabilidad de determinadas áreas del océano (Figura 13). Las "metáreas" definidas son idénticas a las "naváreas" de la OHI (Organización Hidrográfica Internacional), de difusión de avisos para la navegación, de forma que los servicios de predicción y aviso meteorológico están totalmente coordinados.

Servicios meteorológicos para la aviación

Al igual que ocurre con la navegación marítima, hay dos grandes grupos de usuarios de los servicios meteorológicos dirigidos a la aviación: la industria aeronáutica nacional y la aviación civil internacional. Los requisitos de la aviación nacional cubren las necesidades tanto del transporte público regular como de la aviación general y habitualmente se suministran al amparo de la legislación aeronáutica nacional. Los servicios meteorológicos, como apoyo a la aviación civil internacional, se deben proporcionar en el marco establecido por el Convenio de Chicago sobre Aviación Civil Internacional. Este Convenio exige, entre otras cosas, que cada país o estado proveerá en su

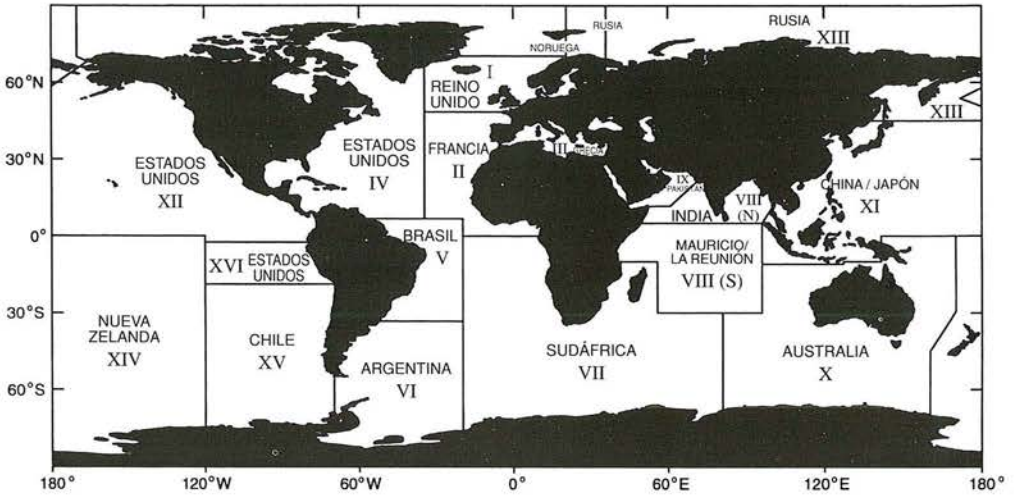


Figura 13—Metáreas acordadas para la emisión radiofónica meteorológica bajo el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima. Se muestra el Servicio Meteorológico Nacional responsable de cada área. Las emisiones radiofónicas se realizan a través del servicio SafetyNET de INMARSAT (Sistema Internacional de Satélites Marinos), excepto en las aguas árticas, donde, por lo general, sólo los servicios NAVTEX están disponibles.

territorio [...] servicios meteorológicos [...] para facilitar la navegación aérea internacional, de acuerdo con las normas y prácticas establecidas o recomendadas conforme al Convenio. Y en particular, el anexo 3 del Convenio de Chicago:

- Dice que el objetivo del servicio meteorológico para la navegación aérea internacional deberá ser el de contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea internacional.
- Expone que este objetivo podrá alcanzarse mediante el suministro de operadores, tripulaciones de vuelo, unidades de servicio de tráfico aéreo, unidades de búsqueda y rescate, gestión de aeropuertos y otros asuntos relativos a la dirección y desarrollo de la navegación aérea internacional con la información meteorológica necesaria para la realización de sus respectivas funciones.
- Exige que cada estado implicado determine qué servicio meteorológico será más apropiado para cumplir las necesidades de la navegación aérea internacional.
- Exige que cada estado implicado designe una autoridad meteorológica, que suministre y organice la provisión de un servicio meteorológico para la navegación aérea internacional.

En muchos países pero, por supuesto, no en todos, el SMN ha sido designado como la autoridad meteorológica que se establece en el Convenio de Chicago. En otros países, la autoridad aeronáutica nacional se ha designado como autoridad meteorológica, aunque organiza con el SMN la provisión de los servicios requeridos. En unos pocos países, sin embargo, existe un servicio meteorológico de la aviación que es autónomo del SMN, pero que normalmente extrae la información básica y los productos elaborados por el SMN local, así como la información procedente de los dos Centros Mundiales de Pronósticos de Área (WAFS) del Sistema Mundial de Pronósticos de Área (WAFS), en Bracknell y Washington.

El SMN (u otro proveedor), tanto en su papel nacional como en el internacional, está implicado en la producción de un conjunto de pronósticos de área, de ruta y de terminal (Figura 14) de las condiciones meteorológicas, incluyendo la información del tiempo significativa, para su amplia distribución a través de los canales de comunicación aeronáutica. La provisión del servicio meteorológico para la aviación, tanto a nivel nacional como a nivel internacional, supone un incremento de, y a menudo integrado a, el servicio público de meteorología, con la misma plantilla, en las mismas oficinas, y frecuentemente comprometido a realizar los dos servicios. En un número cada vez menor de

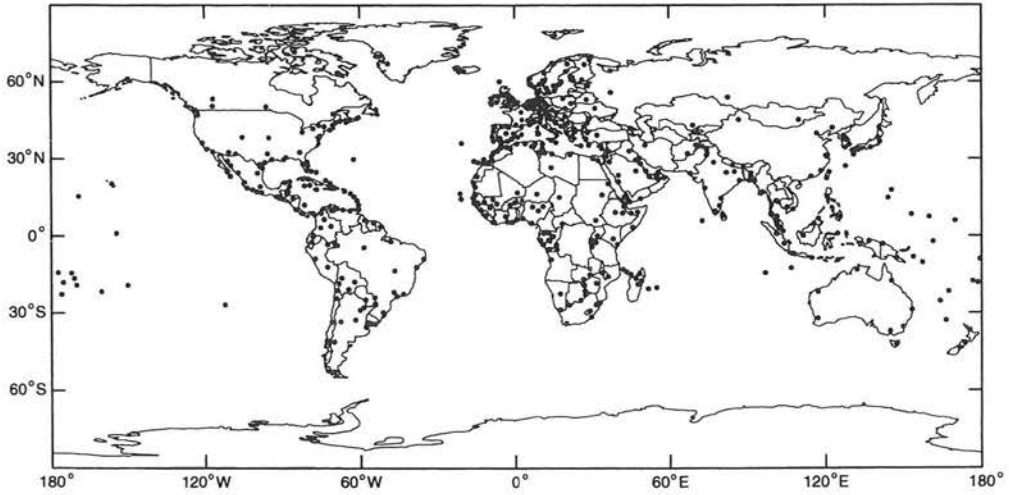


Figura 14 — Los aeropuertos para los cuales los Servicios Meteorológicos Nacionales (o también, en algunos casos, los organismos meteorológicos especiales para la aviación) preparan los pronósticos de área de terminal (TAF) para la aviación civil internacional. Además de las predicciones para la aviación internacional, también se demandan otras muchas para otros aeropuertos utilizados para la aviación nacional.

países, los SMN mantienen una serie de oficinas meteorológicas aeronáuticas con propósitos especiales, para la predicción local y para instruir a los pilotos. En otros casos, las unidades meteorológicas para la aviación de los SMN pueden estar situadas en el control de tráfico aéreo o en los centros de operaciones de transportistas individuales.

Servicios meteorológicos para la defensa

Tanto en tiempos pasados como en la actualidad, los servicios meteorológicos intervienen, con una importancia crítica, en los tres brazos de las fuerzas armadas. Aunque en algunos países los servicios del ejército mantienen sus propios servicios de apoyo meteorológico, en otros muchos es el SMN el encargado de suministrar servicios meteorológicos para atender las necesidades de las fuerzas aéreas, de la armada y del ejército de tierra. En unos casos, el personal del SMN es civil, mientras que en otros, lleva uniforme. La tradición naval requiere normalmente que su personal meteorológico vaya uniformado en el mar, aunque muchos servicios meteorológicos de defensa antiguos están haciendo uso de economías de alcance y escala conseguidas a partir del suministro de servicios meteorológicos esenciales directamente desde el SMN. Históricamente, en tiempo de guerra se adoptan medidas especiales.

Servicios climáticos

Excepto en un reducido número de países, en los que la responsabilidad del clima nacional se halla separada del servicio meteorológico, el SMN tiene cada vez funciones más importantes en relación con la provisión de datos, información, vigilancia y predicción del clima. Muchos países disponen de centros climáticos nacionales que canalizan la recopilación de los datos de observación, utilizados para las predicciones en tiempo real, dentro de un proceso de control de calidad y de archivo; éste, entonces, permite construir el banco de datos sobre el que se apoya un conjunto cada vez mayor de servicios de información climatológica que atienden las necesidades derivadas de la planificación, el diseño y la gestión operativa en los sectores de la industria, el medio rural, etc.

Los esfuerzos internacionales de investigación sobre los mecanismos climáticos durante estos últimos veinte años desde el establecimiento del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), han proporcionado una base científica para que los SMN de todos los países cuenten con un papel más extenso y activo a la hora de suministrar una información válida —desde el punto de vista social, económico y medioambiental— de las configuraciones climáticas presentes y futuras de sus comunidades nacionales. En particular, dentro del marco establecido por la iniciativa

CLIPS (Servicios de Información y Predicción Climática) de la OMM y por los productos elaborados por los centros internacionales de vigilancia y modelización climática –en un marco operativo similar al de funcionamiento de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM a escala meteorológica– muchos SMN están utilizando actualmente sistemas eficaces para difundir ampliamente predicciones climáticas, desde mensuales y estacionales hasta interanuales, en formatos que permiten su evaluación inmediata por parte de labradores, pastores, gestores de recursos hídricos, asesores gubernamentales, organizaciones de servicios financieros y otros muchos. No existe la menor duda de que el papel del SMN en la provisión de servicios climáticos, integrado de forma conveniente en su faceta más conocida de suministro de servicios meteorológicos públicos, será una de las áreas que experimentará un mayor crecimiento durante la próxima década. Resultará especialmente importante que los SMN trabajen en contacto estrecho con las comunidades de usuarios potenciales y con otros organismos gubernamentales que proporcionen unos servicios relacionados, con objeto de garantizar que todos los beneficios potenciales que surjan de sus actividades lleguen tanto a los usuarios particulares como al conjunto de los sectores de la economía nacional.

Otro aspecto de vital importancia que tiene la función de los servicios climáticos del SMN es la provisión de asesoramiento científico sólido a los gobiernos y a las comunidades nacionales respecto a la evidencia del cambio climático a largo plazo inducido por la actividad humana. El SMN tiene la especial responsabilidad de constituir un conducto eficaz de su comunidad política nacional con los progresos científicos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), cofinanciado por la OMM, y establecido en 1988 para realizar una evaluación objetiva de la base científica, los impactos y las posibles medidas de respuesta ante los cambios climáticos inducidos por la actividad humana.

Servicios medioambientales

De alguna manera, todos los servicios meteorológicos deben ser contemplados como servicios medioambientales ya que se ocupan de vigilar, comprender y predecir el estado del

componente más frágil y generalizado del entorno humano. En el sentido estricto de servicios que prestan apoyo a la protección del medio ambiente, el papel medioambiental de los SMN se caracteriza por tres funciones principales que abarcan una serie de actividades, como las que se mencionan a continuación:

Colaboración en la disminución y en el control de la contaminación

- Predicción de la contaminación atmosférica
- Realización de modelos de transporte aéreo de contaminantes
- Apoyo para el control de derramamientos de petróleo en el mar
- Asesoramiento, cuando se precise, sobre el funcionamiento de instalaciones contaminantes
- Suministro de datos de energía eólica y solar para la investigación de fuentes de energía alternativas
- Informes sobre el estado del medio ambiente

Ayuda para la conservación de la naturaleza

- Predicciones climáticas para mejorar la gestión de las tierras
- Predicción y control de la sequía
- Control y modelización de la vegetación
- Evaluación de los recursos hídricos
- Gestión de las llanuras inundables
- Protección de playas
- Introducción de las condiciones climáticas en el desarrollo de la política de tierras

Apoyo a la participación nacional en cuestiones relativas al medio ambiente mundial

- Asesoramiento sobre la base científica y los efectos potenciales del cambio climático
- Asesoramiento sobre el papel de la variabilidad climática en la desertización
- Asesoramiento sobre el comportamiento de la capa de ozono de la estratosfera
- Asesoramiento sobre las características y el comportamiento de El Niño y de otras anomalías climáticas mundiales
- Contribución a la vigilancia del medio ambiente mundial
- Funcionamiento de las redes de detección del cambio climático como parte de su papel de observación integrada
- Introducción en los foros y programas internacionales más importantes como el

IPCC, la Comisión sobre Desarrollo Sostenible, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre el Cambio Climático

En algunos países, la responsabilidad de todas estas actividades se establece junto con las propias del SMN en un único organismo "meteorológico y de protección ambiental", si bien las funciones reguladoras, medioambientales y ejecutivas se organizan normalmente de forma separada de las asociadas al papel más tradicional del SMN.

Sin embargo, es habitual que las funciones medioambientales y las meteorológicas estén institucionalmente separadas, con lo que el SMN trabaja en coordinación con la Agencia de Protección Medioambiental y la Agencia de Conservación de la Naturaleza, bien en el mismo ministerio, o en otros diferentes. En consecuencia, las cuestiones clave del SMN se formulan de la siguiente forma:

- ¿Qué servicios debe ofrecer a las agencias medioambientales como apoyo a sus objetivos de conservación de la naturaleza y de protección medioambiental?
- ¿Cómo trabajar de una manera eficaz con los organismos medioambientales en los asuntos en los que resulta esencial su colaboración para conseguir un resultado sólido?

Organización

Las estructuras organizativas a través de las cuales el SMN realiza sus funciones y ofrece sus servicios, varía ampliamente según el patrón de desarrollo histórico y las circunstancias actuales del país.

Algunos SMN funcionan básicamente como departamentos ministeriales o como partes fundamentales de los mismos tales como el transporte, las comunicaciones, el medio ambiente, el suministro de agua, la ciencia, la defensa y varios otros. Algunos están localizados en los departamentos de sus principales clientes, como la aviación, la defensa, la agricultura o el medio ambiente, mientras que otros, por razones políticas están situados en los ministerios políticamente más neutrales o de servicios generales. Como se ha señalado anteriormente, algunos poseen una base jurídica formal, mientras que otros obedecen esencialmente a las decisiones

administrativas del gobierno del momento para la estrategia de sus operaciones. En la Figura 15 se muestran, de forma esquemática, algunas estructuras organizativas típicas de los SMN.

Dejando a un lado las características especiales de los SMN que incluyen funciones hidrológicas y oceanográficas nacionales, el SMN típico incluye:

- Unas oficinas centrales políticas y administrativas.
- Una serie de unidades operativas de las oficinas centrales, como el Centro Meteorológico Nacional (que a menudo incluye un Centro Climático Nacional), el Centro Nacional de Investigación Meteorológica (allí donde exista), la Biblioteca Meteorológica Nacional y el Centro Nacional de Formación Meteorológica.
- Un sistema de estaciones de observación y de oficinas del Servicio Meteorológico distribuidas según criterios geográficos.

Dentro de la política organizativa de sus oficinas centrales, muchos SMN mantienen pequeñas oficinas dedicadas a programas responsables de la coordinación a nivel nacional de las actividades fundamentales, como la observación, y también servicios dirigidos a los sectores de usuarios más importantes, como la aviación, la agricultura, la defensa y la comunidad marítima.

El papel de las distintas unidades operativas de las oficinas centrales es el de alcanzar la coordinación necesaria y obtener la financiación suficiente para llevar a cabo las funciones nacionales básicas y fomentar la provisión de servicios descentralizados.

Mientras que algunos servicios pueden suministrarse y difundirse mejor de un modo centralizado, los servicios meteorológicos dirigidos al gran público y a usuarios específicos ganan en eficacia conforme disminuye el distanciamiento con el usuario. Por esta razón es muy habitual encontrar una estructura de oficinas meteorológicas, geográficamente descentralizada, donde a menudo coinciden sus límites de responsabilidad con otros de conveniencia administrativa, como pueden ser las fronteras de estado o de provincia, y que interaccionan directamente con los usuarios de su comunidad.

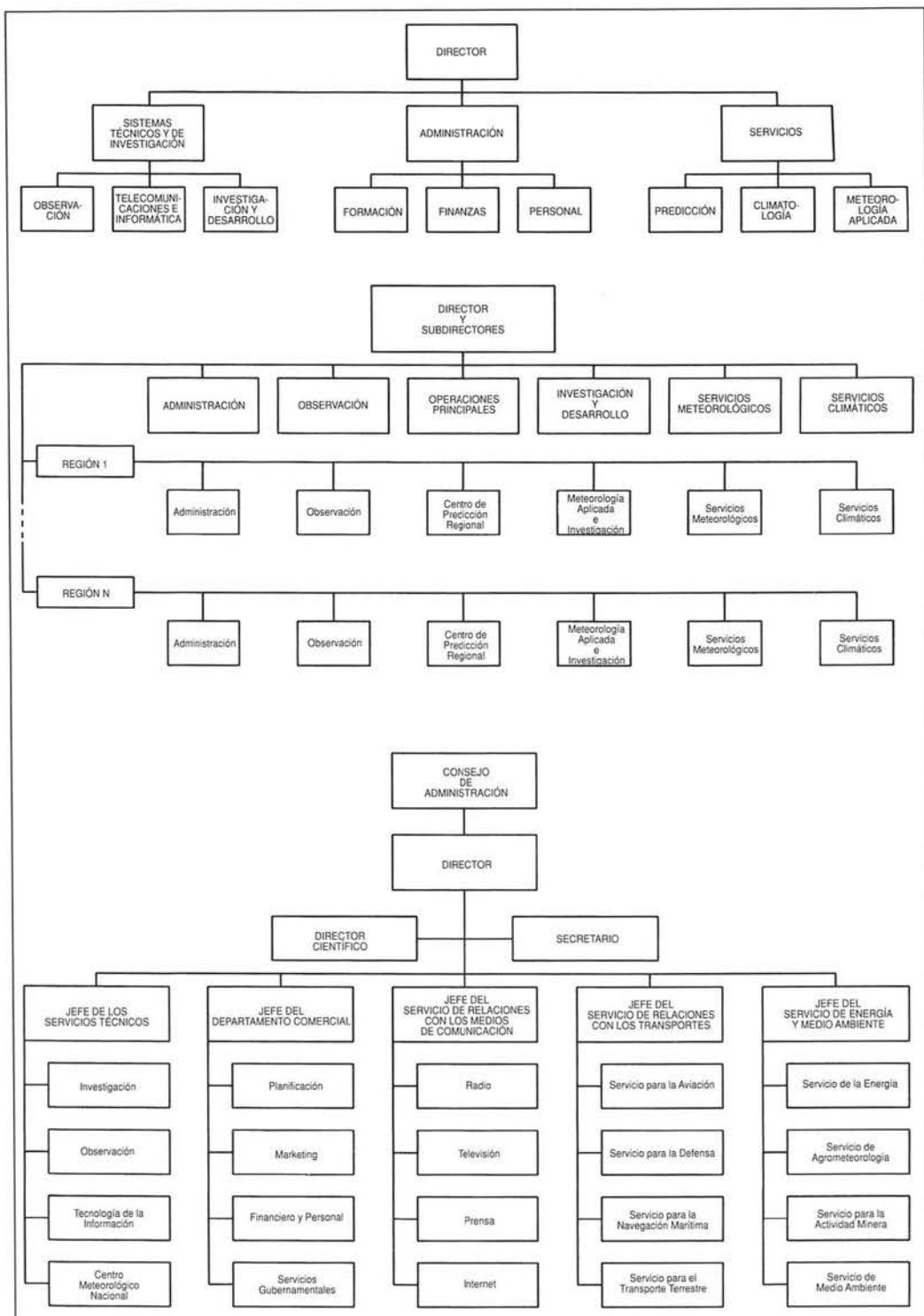


Figura 15 — Representación esquemática de tres modelos típicos de estructuración organizativa de un Servicio Meteorológico Nacional: una estructura divisoria simple (*arriba*), apropiada en particular para los Servicios que carecen de una gran estructura nacional; un modelo matriz (*en medio*), apropiado para los Servicios que tienen un alto número de subregiones geográficas; y un modelo de unidad comercial (*abajo*), adecuado para Servicios con una orientación comercial o corporativa.

Financiación

Durante la mayor parte del siglo pasado, la mayoría de los gobiernos aceptaron la responsabilidad total de financiar el funcionamiento de sus SMN, aunque en casi todos los países en vías de desarrollo, los fondos disponibles se han quedado demasiado cortos como para mantener la infraestructura y la provisión de servicios que demanda la sociedad. Sin embargo, en algunos países desarrollados o en vías de desarrollo, la financiación parcial procedía históricamente de uno o más de los principales grupos de usuarios, como es el caso de la industria aeronáutica civil, ya fuese pagando por servicio realizado, por incremento de la tarifa de servicios a usuarios específicos, a través de medidas específicas de tipo impositivo sobre la industria, o por contribución basada en el porcentaje directo de los costes totales de la operación.

En definitiva, en muchos países se ha considerado a los SMN, junto con la policía, las fuerzas armadas, las emisiones nacionales de radio y algunos otros, como un componente esencial dentro de la infraestructura tributaria nacional. Esto ha proporcionado una base internacional sólida para el desarrollo de actividades cuyos beneficios afectan en gran medida a la comunidad y a las generaciones presentes y futuras; sin embargo, no ha sido tarea fácil coordinar los recursos necesarios para lograr una operatividad eficaz.

En las dos últimas décadas, con la introducción, ampliamente extendida, de los sistemas de pago de usuarios por acceder a numerosos servicios estatales, algunos gobiernos han experimentado con enfoques alternativos de financiación de las funciones de sus SMN. Entre los modelos puestos en práctica se encuentran los siguientes:

- El SMN financiado por completo a través de los impuestos, que proporciona esencialmente todos los servicios meteorológicos tanto al conjunto de la comunidad como a los principales grupos importantes de usuarios.
- El SMN en el que el gobierno financia los costes esenciales de su infraestructura básica (Figura 4), y de los servicios públicos más importantes; los servicios especializados, basados en la universalidad de la información disponible,

se proporcionan con un planteamiento comercial de una paulatina recuperación de costes, bien por parte del propio SMN, bien por parte de un brazo comercial escindido y con autonomía financiera, o bien a través del sector meteorológico privado nacional o internacional.

- Una serie de modelos corporativos o comerciales que incluyen:
 - El SMN "parcialmente comercializado" en el que los pagos del usuario no sólo se dirigen a la financiación de la provisión de determinados servicios especializados sino que también contribuyen a los gastos esenciales de la infraestructura básica.
 - El SMN "completamente comercializado" o funcionamiento de "financiación mercantil", en el que todos los costes de su operación los financian sus clientes reales o subrogados, muchos de los cuales pueden ser otros departamentos y organismos estatales.
 - El servicio "corporativizado" o "privatizado" en el que el SMN funciona, no como una rama gubernamental sino como un "negocio", sujeto a la legislación empresarial y a las prácticas contables, y con el objetivo de proporcionar dividendos a sus accionistas (que pueden ser el gobierno mismo).

La experiencia presente es insuficiente para proporcionar una evaluación definitiva de la viabilidad a largo plazo de las alternativas comerciales y corporativas introducidas recientemente frente a los modelos tradicionales, aunque su introducción como parte de la reforma general del sector público en varios países ha supuesto una influencia desestabilizadora en el conjunto del sistema internacional (véase más adelante).

El grado total de financiación y contratación de personal varía mucho según los países, dependiendo de las circunstancias nacionales: tamaño, geografía, densidad de población, historia, etapa de desarrollo, circunstancias económicas, políticas del gobierno sobre la provisión de servicios, etc. También depende de las estadísticas nacionales sobre lo que se incluye o no en el presupuesto de los SMN. No obstante, en la Figura 16, se muestra cómo la mayoría de los SMN están

financiados en el intervalo que va desde el 0,001 al 0,04 por ciento del Producto Interior Bruto nacional (PIB) y que el personal meteorológico por cada 1000 km² varía desde menos de uno hasta 20 ó más. Sin embargo, existen algunos valores de la distribución de financiación y de contratación de personal, que se muestra en la Figura 16, que reflejan determinadas circunstancias nacionales, incluidos algunos estados insulares donde su extensión no es un indicador útil de las necesidades de financiación para la provisión de servicios.

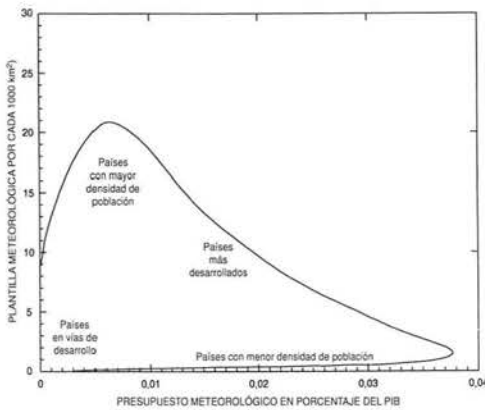


Figura 16 — Distribución mundial de la financiación y contratación de los SMN con respecto a los dos indicadores fundamentales, el presupuesto del SMN por unidad de PIB (eje horizontal, tanto por cien de PIB), y la plantilla del SMN por unidad de extensión del país (eje vertical, plantilla meteorológica por cada 1000 km²).

Contratación de personal

Aunque las prácticas varían según los países, especialmente entre los Miembros desarrollados y los Miembros en vías de desarrollo de la OMM, y vienen determinadas —en distintos grados— por la política de formación y contratación del sector público nacional, la mayor parte de los SMN incluyen por lo menos dos ramas principales para la contratación de especialistas: un grupo de técnicos especialistas adiestrado en la observación y/o el mantenimiento de equipos y/o funciones de proceso de datos y de comunicaciones; y un conjunto profesional de científicos universitarios, que se ocupa normalmente de realizar las predicciones operativas y las funciones de investigación, desarrollo de sistemas y provisión de asesoramiento profesional especializado en asuntos meteorológicos.

La OMM ha reconocido históricamente las siguientes cuatro clases diferenciadas de personal meteorológico:

- Clase I: Licenciados universitarios capaces de compaginar la investigación y el suministro de servicio profesional.
- Clase II: Especialistas de servicios y aplicaciones que, en general, no tienen una licenciatura universitaria.
- Clase III: Personal técnico experto responsable de la planificación y de la gestión de los programas de observación y de los medios operativos.
- Clase IV: Personal básico para realizar las observaciones meteorológicas y tareas de apoyo.

En la actualidad, este sistema se está revisando con la idea de su sustitución por otro más simple que conste únicamente de dos categorías (meteorólogos y técnicos en meteorología), teniendo en cuenta unos necesarios niveles educativos básicos en las disciplinas fundamentales, además de una formación cualificada en un conjunto de especialidades técnicas o de campos de aplicación.

Áreas de especialización

La mayor parte de los SMN, incluso los más pequeños y menos desarrollados, se organizan habitualmente para ocuparse de una serie de actividades especializadas bien en funciones técnicas (por ejemplo, las telecomunicaciones meteorológicas), bien en campos de aplicación (predicción para la aviación). Entre los campos de especialización más frecuentemente asociados a las plantillas de los SMN, están las siguientes (OMM, 1984): meteorología dinámica, meteorología física, meteorología sinóptica, modificación artificial del tiempo, predicción meteorológica numérica, climatología, meteorología marítima, meteorología aeronáutica, agrometeorología, hidrometeorología, química atmosférica y meteorología de la contaminación del aire, instrumentación meteorológica, telecomunicaciones meteorológicas, procesos de datos meteorológicos, aplicaciones de satélites meteorológicos, y aplicaciones de la meteorología al desarrollo económico y social.

Planificación y gestión

La mayoría de los directores y altos cargos más expertos de los SMN, tanto de países desarrollados como de países en vías de desarrollo, han ascendido de categoría administrativa con una experiencia anterior en el campo de la observación, la predicción, u ocasionalmente, de la investigación; sin embargo, algunos países han tendido a nombrar directores procedentes del mundo meteorológico académico externo y, recientemente, algunos proceden del ámbito administrativo, científico o de los negocios. Pero en general, la especialidad de la plantilla veterana del SMN es, sobre todo, la meteorología y, en un segundo plano, la gestión.

En la última década, los SMN han otorgado un énfasis creciente a la introducción de las técnicas de gestión del moderno sector privado y de las disciplinas de planificación corporativa, debido a las cada vez mayores presiones que existen sobre los recursos en numerosos países y, también, a que el planteamiento tradicional del sector público administrativo ha sido sustituido por enfoques más orientados a la gestión de negocios del sector privado (por ejemplo, Osborne y Gaebler, 1992; Lange, 1998).

Los enfoques de planificación corporativa varían sustancialmente de un SMN a otro; sin embargo, la introducción de la planificación a largo plazo en la OMM a principios de los años 80 (Zillman, 1984, 1998), ha ejercido una influencia significativa en el marco de la planificación de los SMN de los países en vías de desarrollo en particular. Muchos SMN han utilizado los planes a largo plazo de 10 años de la OMM, para establecer una estructura medioambiental mayor para su planificación nacional, especialmente en relación con las tendencias probables en el futuro de la tecnología y de las ciencias meteorológicas más importantes. Varios SMN han adoptado la metodología de la planificación en Planes a Largo Plazo, de la OMM, como base para sus propios planes estratégicos, poniendo particular énfasis en aumentar la capacidad y posibilidades de los países en vías de desarrollo. Y muchos han optado por variantes del conjunto de la estructura de programas de la OMM como base de su propia planificación y gestión de programas de servicios meteorológicos.

La OMM ha jugado un papel muy importante en la ayuda al desarrollo y a la implantación de los sistemas y procesos de gestión apropiados de los SMN. En la mayoría de las Regiones se han realizado seminarios, patrocinados por la OMM, sobre la gestión de Servicios Meteorológicos, y además se ha conseguido disponer de un conjunto de conocimientos técnicos y de bibliografía sobre la aplicación y utilidad de algunos modelos de gestión en el campo de la meteorología. Una contribución particularmente importante de la OMM, apoyada por el Gobierno de Holanda, condujo al desarrollo de un conjunto de Normas de la OMM sobre la Gestión de los Servicios Meteorológicos e Hidrometeorológicos Nacionales (OMM, 1997), que resumen buena parte de la experiencia acumulada por los SMN en una forma que resulta muy apropiada para el uso de la gestión experta de los pequeños SMN de los países en vías de desarrollo.

Evaluación del funcionamiento

A pesar de que los SMN poseen una larga tradición en la evaluación objetiva y sistemática de su funcionamiento, no existiendo probablemente, otra profesión en el mundo que se enfrente más directamente, o con mayor regularidad, a la necesidad de valorar y de aprender por lo realizado el día anterior, en muchos SMN se han introducido durante la última década, de forma progresiva, las disciplinas de la moderna gestión organizativa. Hasta cierto punto, éstas han ayudado a reforzar el cometido tradicional de los SMN para llegar más lejos de la mera provisión de datos fiables y predicciones precisas, que contribuyan a garantizar que los receptores de esta información la utilicen de forma eficaz en los procesos de adopción de decisiones y puedan extraer el mayor provecho del servicio. Una predicción perfecta que no se reciba a tiempo o que sea malinterpretada o que no se utilice eficazmente posee muy poco o ningún valor para la comunidad. Por esta razón, es importante evaluar la eficacia total del SMN con el fin de considerar su capacidad de educar a la comunidad de usuarios potenciales en la utilización de sus servicios; se trata de una tarea exigente en una época de recursos en decadencia y un cometido ideológico respecto a la necesidad de las organizaciones de permanecer en su "núcleo de negocios".

Los SMN deben intentar mantener, necesariamente, el equilibrio respecto a su utilización de recursos limitados, entre el cuidadoso control sistemático de la ejecución de sus funciones principales, sobre todo en las técnicas de predicción, y la búsqueda de las medidas definitivas para garantizar la eficacia de sus servicios en generar el máximo beneficio a la comunidad de usuarios. Sin embargo, resulta importante que no se obsesionen con la evaluación hasta el punto de que los recursos que se podrían utilizar para producir mejores servicios y ofrecer un beneficio real a la comunidad de usuarios se dirijan, por el contrario, a la generación de información sobre la ejecución, que proporciona satisfacción al SMN mismo pero que no contribuye de una manera útil a la mejora progresiva de sus servicios.

Interacciones externas

Entre las instituciones externas más importantes con las que debe mantener relación el SMN se encuentran las siguientes:

- Otros organismos estatales o instituciones voluntarias o personas particulares que le ayudan en sus funciones de recopilación de datos.
- La universidad local y otras comunidades académicas relacionadas con la meteorología, con respecto tanto a la disponibilidad de datos nacionales para la investigación como para la realización de tareas de investigación que contribuyan a la mejora del servicio.
- Sus medios de comunicación, electrónicos y escritos, que desempeñan un papel fundamental en casi todos los países, difundiendo predicciones básicas para el público y servicios de aviso a la comunidad en general.
- Otras instituciones gubernamentales y organismos de servicios de emergencia con los que ha de cooperar en ciertas funciones vitales para la comunidad, como la extinción de los incendios forestales, la policía, las agencias agrarias, las administraciones responsables de la seguridad de la aviación, los departamentos de defensa, etc.
- Los sectores de usuarios más representativos, como las industrias aeronáutica y naviera, las organizaciones agrarias, las instituciones deportivas, etc.

- Muy especialmente, los proveedores del sector privado de servicios meteorológicos especializados.
- Las empresas privadas que suministran equipos e instalaciones meteorológicas.

La relación con el sector privado

Los SMN han proporcionado, a lo largo de la historia, todo el conjunto de servicios meteorológicos básicos destinados al público y algunos o todos los servicios especializados dirigidos a usuarios individuales o a grupos de usuarios. Normalmente, los servicios esenciales para la aviación civil y para la defensa también se han proporcionado a través del SMN, debido a sus sólidas características de bien público, aunque en varios países hay determinadas empresas privadas de servicios meteorológicos que han suministrado servicios a medida para operadores individuales con carácter comercial. Estados Unidos ha sobresalido siempre por su ya larga relación entre el sector público y el privado, en la que el SMN proporciona los servicios encomendados al gobierno en aras de la protección de la seguridad de las vidas y los bienes de todos los ciudadanos, y el sector privado suministra los servicios especializados con carácter comercial, y con total y libre acceso al conjunto de la información y de los productos elaborados por el SMN. Algunos otros países han seguido este modelo en diferentes grados y en muchos otros se ha desarrollado una relación eficaz y complementaria entre el SMN y el sector privado.

Durante los años 80 se ha puesto un énfasis especial en este tipo de relaciones debido a la presión ejercida por las políticas gubernamentales que exigen que los SMN alcancen unos niveles más altos de recuperación de costes o de autofinanciación y, en algunos casos, que se introduzcan agresivamente en el mercado comercial de los servicios especializados. Al mismo tiempo, varios operadores del sector privado, tanto nacionales como multinacionales, se han esforzado en cultivar mercados en las áreas de provisión de los servicios públicos que, históricamente, estaban consideradas de dominio exclusivo del SMN. Estas disputas por la "comercialización de los servicios meteorológicos" han situado el sistema tradicional de la OMM de libre intercambio no restringido de datos y productos

meteorológicos bajo una tensión creciente (OMM, 1995(b)).

A pesar de que estos temas han evolucionado de manera diferente en los distintos países, las delegaciones asistentes al Decimosegundo Congreso Meteorológico Mundial (1995), que representaban, como es su deber, los intereses de sus respectivos países incluyendo los de los SMN y los del sector privado, acordaron avanzar dos importantes pasos hacia la adopción de una estructura de futuras relaciones estables a largo plazo entre los SMN y los sectores privados, a nivel global:

- Como uno de los nueve principales objetivos de su política para el próximo decenio, la OMM se comprometió a: "construir una relación eficazmente armoniosa y basada en un mutuo apoyo entre los sectores públicos y privados de las comunidades meteorológicas e hidrológicas para la provisión de servicios meteorológicos e hidrológicos comerciales".
- Se adoptó por unanimidad la Resolución 40, en la que el Congreso acordó establecer una serie de directrices para las relaciones entre los SMN y el sector comercial, que buscan definir las características básicas de un marco de trabajo para unas "relaciones estables, transparentes, justas y sólidas" entre los SMN y el sector privado, que ayuden a ampliar y reforzar el intercambio libre y sin restricciones de los datos y productos meteorológicos de los que dependen en gran medida ambos sectores y la comunidad de usuarios de todo el mundo.

De acuerdo con las obligaciones de los Estados Miembros de la OMM en virtud del Artículo 9 del Convenio de la OMM, la operatividad de estos amplios compromisos políticos a nivel nacional es claramente un proceso en evolución, que está siendo enfocado de una forma diferente en cada nación. En la mayor parte de los países, el enfoque adoptado se muestra consistente admitiendo que:

- El SMN debe llevar a cabo las responsabilidades públicas básicas del gobierno, concretamente las referentes a la recopilación de las series de datos y a las predicciones y los avisos relacionados con la seguridad pública. Y donde pugna

con el sector privado en el suministro de servicios comerciales, debe hacerlo desde una base competitivamente neutral.

- El sector privado tiene que funcionar como una relación complementaria con el SMN en la comunicación y difusión de la información meteorológica que pueda repercutir en la seguridad pública y debe ajustarse a los principios de mercado, de acuerdo con la legislación mercantil y de la propiedad intelectual, en la provisión de servicios especializados con una base comercial; y todo esto ha de llevarse a cabo de forma que se reconozca la importancia global de mantener la continuidad y la estabilidad del libre intercambio internacional no restringido de los datos y los productos meteorológicos y los que estén relacionados.

El Director del SMN como representante permanente

El papel del Director del SMN como Representante Permanente de su país ante la OMM, es una característica importante de la función del SMN en la escena nacional de la mayoría de los países; también supone un punto de coordinación en todos los compromisos nacionales de los organismos gubernamentales y no gubernamentales y en las actividades externas del SMN, en los programas y actividades de la OMM.

Casi todos los países presentan esta configuración, aunque en diferentes grados, que se basa en la adopción de la Disposición 6(a) de las Disposiciones Generales de la OMM, que establece lo siguiente:

Cada Miembro debe designar, mediante notificación escrita al Secretario General, un Representante Permanente que debe ser el Director del Servicio Meteorológico o Hidrometeorológico, para representar en asuntos técnicos al Miembro durante las sesiones del Congreso. Sometidos a la aprobación de sus respectivos gobiernos, los Representantes Permanentes deben ser el cauce normal para las comunicaciones entre la Organización y sus respectivos países y tendrán que mantener el contacto con las autoridades competentes, gubernamentales o no gubernamentales, de sus propios países para asuntos concernientes a la Organización.

La función de coordinación nacional del Director del SMN está sostenida sustancialmente por el papel de los miembros nacionales de las comisiones técnicas de la

OMM. Aunque no hay nada que obligue a proceder así, muchos representantes permanentes designan al menos uno de sus miembros en cada comisión técnica de la OMM procedentes de su propio Servicio, propiciando de este modo que se alcance una unión y coordinación nacional entre los miembros de cada comisión; esto constituye un vehículo útil para asegurar la coordinación entre las diferentes actividades nacionales relevantes de los programas individuales de la OMM.

Cooperación internacional

Constituye un acuerdo prácticamente universal dentro de la comunidad meteorológica internacional (evidenciado por la adopción unánime de la Resolución 40 del Decimosegundo Congreso Meteorológico Mundial (OMM, 1995)), el interés de todos los países por preservar la tradicional práctica del libre intercambio sin restricciones de los datos y los productos entre los SMN, para ayudarles en la provisión de los servicios meteorológicos básicos dentro de sus propias fronteras y para las áreas extraterritoriales en las que han asumido responsabilidades de apoyo a la seguridad, regularidad y eficacia de su aviación y navegación internacional.

También existe un acuerdo extendido, tras la Cumbre de la Tierra de Río de 1992, que dice que la cooperación internacional en la vigilancia del estado del medio ambiente mundial y el libre intercambio sin restricciones de la información recopilada, debe ser una parte integral de cualquier estrategia seria a largo plazo para el desarrollo sostenido del planeta.

Sin embargo, se ha puesto de manifiesto que, en la actualidad, nos enfrentamos al conflicto potencial entre dos fuertes modelos:

- El de la cooperación nacional e internacional en el libre intercambio sin restricciones de información y tecnología como parte de una relación global concebida para apoyar la provisión universal de los servicios meteorológicos disponibles en los países y en las estrategias globales de asentamiento del desarrollo sostenido (coherente con el Convenio y con las largas tradiciones de cooperación internacional a través de la OMM).
- El de la competición nacional e internacional por la provisión de bienes y

servicios como respuesta a las fuerzas de mercado y en consonancia con el Acuerdo General sobre el Comercio en los Servicios (GATS) y las reglas y disposiciones de la Organización Mundial del Comercio. (Dunkley, 1997; Griesgraber y Gunter, 1997).

Este conflicto entre modelos ha salido a la superficie a nivel nacional en algunos países en forma de acusaciones a los SMN de violar la legislación nacional sobre la competencia, por suministrar predicciones importantes dirigidas al público y servicios de aviso, a través de los medios de comunicación. A escala internacional, ha generado muchas tensiones y amenazas en la continuación del principio y práctica del libre intercambio sin restricciones en un sistema internacional compuesto por los SMN, que ahora abarca todo el conjunto de modelos de financiación descrito anteriormente. Actualmente hay datos que demuestran que más países han comenzado a reconocer lo básico del respeto mutuo a la coexistencia entre el régimen explícitamente cooperativo exigido para una provisión de servicios meteorológicos eficaz y el régimen que se basa en el compromiso de alcanzar una eficiencia a través de la competencia y la respuesta.

Conclusión

Queda claro que la mayor parte de los aspectos del entorno en el que ha funcionado el tradicional SMN financiado por el Estado e incluso, la naturaleza de la misión del SMN mismo, están evolucionando rápidamente. Teniendo en cuenta la necesidad básica de las comunidades y de las naciones de disponer de un conjunto de datos y servicios meteorológicos fiables, y que cada vez son mayores las presiones para su aplicación a una amplia variedad de objetivos de tipo económico, social y medioambiental, será muy importante que el proceso de evolución se gestione de forma sabia y adecuada, tanto a nivel nacional como internacional, no vaya a ocurrir que, en la búsqueda por alcanzar los beneficios de los nuevos modelos ideológicos y posibilidades tecnológicas, los fundamentos esenciales para los que ya se ha conseguido, resulten irreparablemente dañados o destruidos. El mundo corporativo aprendió la cara lección, a principios de los años 90, de que el grado de cambio radical exigido y a menudo realizado, fue realmente desastroso para el interés a largo plazo de la organización involucrada (MacDonald, 1998).

Será especialmente importante, a la hora de explorar nuevos enfoques para la difusión de servicios del sector público modelados en la experiencia del mundo de los negocios, que los gobiernos nacionales estén completamente informados de la naturaleza única de las disposiciones internacionales sobre las que se asienta la provisión del servicio meteorológico a nivel nacional, y del daño que se podría ocasionar a todas las naciones a causa de acciones precipitadas de una o más partes que desestabilizaran el sistema internacional otra vez (Zillman, 1997(a), (b)).

La estabilidad de este sistema depende, de forma crítica, del continuo reconocimiento de los gobiernos de que la disponibilidad de servicios meteorológicos esenciales para el público con los modelos que ahora se disfrutan en muchos países, y que otros pueden aspirar a alcanzar, es el producto de una relación global. Esta relación está basada irresistiblemente en la cooperación más que en la competición, donde cada país contribuye lo que razonablemente puede al esfuerzo común, a la vez que garantiza que su propia utilización del conjunto de la información colectiva para su comunidad nacional, no amenaza ni la buena voluntad ni la capacidad de los demás en mantener la contribución.

Las responsabilidades fundamentales que los gobiernos deben continuar aceptando, si se mantiene la estabilidad de estas disposiciones tan beneficiosas, pueden resumirse como sigue:

- Financiación de la infraestructura para la recopilación integral de los datos meteorológicos necesarios para formar el registro histórico del clima nacional y para asegurar la provisión de servicios meteorológicos a gran escala para la comunidad.
- Financiación de aquellos servicios meteorológicos que resultan esenciales para la seguridad y el bienestar de la comunidad y tienen el carácter de bien público puro.
- Garantizar un acceso libre y sin restricciones de los productos de su banco nacional de datos a la comunidad mundial, en cumplimiento de las obligaciones nacionales aceptadas en diferentes convenios medioambientales internacionales, y siguiendo la letra y el

espíritu de la Resolución 40 (Cg-XII) de la OMM.

- Contribuir, dentro de sus posibilidades, a la comunidad internacional en el conocimiento del comportamiento de la atmósfera mundial.

Por consiguiente, se deduce que los intereses de todas las naciones, tanto individualmente como colectivamente, se podrán atender mejor si, como parte de la actual reforma mundial del sector público, los gobiernos:

- Identifican claramente el marco jurídico de sus SMN, mediante una ley u otro instrumento jurídico, ofreciéndoles una protección para la integridad y continuidad de su misión.
- Se comprometen, de forma explícita, a financiar las funciones fundamentales de servicio público del SMN.
- Identifican formalmente a su SMN como la única fuente oficial de predicciones y avisos para el público en relación con la seguridad de vidas y bienes.
- Organizan disposiciones administrativas estables, que sean coherentes con la política de competencia nacional y que tengan en cuenta otras importantes influencias, tales como los regímenes internacionales para la protección de la propiedad intelectual y para la comercialización de servicios, asegurando un régimen competitivo adecuado para la provisión de servicios especializados que vayan más allá del servicio público oficial y que tengan el carácter de bienes privados o de mercado.
- Confirman formalmente su entrega al principio del libre intercambio internacional sin restricciones de los datos y productos meteorológicos básicos, con la adhesión incondicional a la letra y al espíritu de la Resolución 40 (Cg-XII).

Siempre y cuando se proporcione a los gobiernos la necesaria información para tomar las decisiones pertinentes en asuntos clave y que se permita a la comunidad meteorológica responder a las enormes oportunidades que se abren a través del continuo y rápido progreso en las ciencias y tecnologías de la meteorología, no hay duda que el SMN

representará un papel cada día más importante en la contribución al progreso social, económico y medioambiental de todos los países durante el próximo siglo.

Por su parte, uno de los grandes retos a los que se enfrentarán los SMN, será el de establecer una sociedad eficaz con el sector privado que opera dentro de su país, de modo que las comunidades nacionales podrán obtener los mayores beneficios posibles, combinando sus fuerzas y posibilidades. El objetivo final debe ser un sistema eficaz de servicios científicos medioambientales nacionales e internacionales, integrado y orientado hacia el usuario, que explote al máximo los enormes beneficios que la ciencia atmosférica guarda para el siglo XXI.

Agradecimientos

Aunque las opiniones que se expresan en este artículo son estrictamente personales, su elaboración ha estado asistida en gran medida por la ayuda y consejos de muchos miembros del Consejo Ejecutivo de la OMM durante la última década y de los directores y personal de los SMN de muchos países no representados en el Consejo Ejecutivo. También me han ayudado ampliamente los consejos de miembros de las comunidades de economía y política pública en temas como la política de la competencia, la propiedad intelectual y la legislación mercantil.

Referencias

- American Meteorological Society, 1998: Policy Statement—Weather Analysis and Forecasting (Informe sobre las políticas—Análisis y predicción del tiempo). *Bull. Amer. Met. Soc.*, **79**, 10, 2161-2163.
- ANAMAN, K. A., D. J. THAMPAPILLA, A. HENDERSON-SELLERS, P. F. NOAR y P. J. SULLIVAN, 1995: Methods for Assessing the Benefits of Meteorological Services in Australia (Métodos para evaluar los beneficios de los Servicios Meteorológicos en Australia). *Meteorolog. Appl.*, **2**, 17-29.
- ANAMAN, K. A. y S. C. LELLYETT, 1996: Contingent Valuation Study of the Public Weather Service in the Sydney Metropolitan Area (Estudio del contingente de evaluación del Servicio Público de Meteorología en la zona metropolitana de Sydney). *Economic Papers*, **15**, 3, 64-77.
- ANAMAN, K. A., S. C. LELLYETT, L. DRAKE, R. J. LEIGH, A. HENDERSON-SELLERS, P. F. NOAR, P. J. SULLIVAN y D. J. THAMPAPILLA, 1998: Benefits of Meteorological Services: Evidence from Recent Research in Australia (Beneficios de los Servicios Meteorológicos: La evidencia de las últimas investigaciones en Australia). *Meteorolog. Appl.*, **5**, 103-115.
- BAILEY, S. J., 1995: *Public Sector Economics (La economía del sector público)*. Macmillan Press Ltd. Houndsmills. 406 pp.
- BANNOCK, G., R. E. BAXTER y E. DAVIS, 1998: *Penguin Dictionary of Economics (Diccionario "Penguin" de Economía)*. Sexta edición. Penguin Books. Middlesex. 439 pp.
- BAUMOL, W. J., A. S. BLINDER, A. W. GUNTLER y J. R. L. HICKS, 1992: *Economics; Principios and Policy (Economía: principios y políticas)*. Segunda edición australiana. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. Sydney. 932 pp.
- BRYAN, L. y D. FARRELL, 1996: *Market Unbound: Unleashing Global Capitalism (Mercado sin límites: El capitalismo global desencadenado)*. John Wiley and Sons. Nueva York. 268 pp.
- CHAPMAN, R. E., 1992: *Benefit-Cost Analysis for the Modernisation and Associated Restructuring of the National Weather Service (Análisis coste-beneficio para la modernización y reestructuración asociada del Servicio Meteorológico Nacional)*. National Institute of Standards and Technology. Departamento de Comercio de los Estados Unidos, Washington, DC. 105 pp.
- CORNFORD, S. G., 1996: Human and Economic Impacts of Weather Events in 1995 (Impactos económicos y humanos de los episodios meteorológicos en 1995). *WMO Bulletin* **45** (4), 347-368.
- CORNFORD, S. G., 1997: Human and Economic Impacts of Weather Events in 1996 (Impactos económicos y humanos de los episodios meteorológicos en 1996). *WMO Bulletin* **46** (4), 351-369.
- CORNFORD, S. G., 1998: Human and Economic Impacts of Weather Events in 1997 (Impactos económicos y humanos de los episodios meteorológicos en 1997). *WMO Bulletin* **47** (4) 372-388.
- CROUTHAMEL, R. y R. SCOTTI, 1997: Factors Impeding the Production and Use of Meteorological Information in Developing Countries (Factores que dificultan la producción y utilización de la información meteorológica en los países en vías de desarrollo). *WMO Bulletin* **46** (2), 132-140.
- DAVIES, D. A. (Ed.), 1990: *Forty Years of Progress and Achievement. A Historical Review of WMO (Cuarenta años de progreso y funcionamiento. Una revisión histórica de la OMM)*. WMO-Núm. 721. OMM. Ginebra. 205 pp.
- DAVIES, D. A., 1986: *Meteorology—A model of International Cooperation (Meteorología: Un modelo de cooperación internacional)*. WMO-Núm. 667. OMM. Ginebra. 30 pp.
- DE, U. S. y K. S. JOSHI, 1998: Natural Disasters and their Impacts on Developing Countries (Los desastres naturales y sus impactos en los países en vías de desarrollo). *WMO Bulletin* **47** (4), 336-343.
- DUNKLEY, G., 1997: *The Free Trade Adventure: The Uruguay Road and Globalism—A Critique (La aventura del libre comercio: el camino uruguayo y el globalismo—Una crítica)*. Melbourne University Press. 317 pp.

- EWC 98, 1998: Declaration of the Potsdam Early Warning Conference, 11 September 1998 (Declaración de la Conferencia sobre Avisos Anticipados de Potsdam, 11 de septiembre de 1998). GFZ Potsdam (en prensa).
- FREEBAIRN, J. W., 1979: Estimating the Benefits of Meteorological Services: Some Methodological Questions (Estimando los beneficios de los Servicios Meteorológicos: algunas cuestiones metodológicas). *Actas de la Conferencia sobre Evaluación de los Servicios Meteorológicos, Oficina de Meteorología*. Melbourne, Australia, 117-123.
- GIBBS, W. J. (Ed.), 1964: *What is Weather Worth? (¿Cuánto vale el tiempo?)*. Documentos presentados a la Conferencia sobre Productividad; Melbourne, del 31 de agosto al 4 de septiembre de 1964. Oficina Meteorológica. Melbourne. 176 pp.
- GRAY, J., 1988: *False Dawn: The Delusions of Global Capitalism (Falso amanecer: las decepciones del capitalismo global)*. Grant Books. Londres. 234 pp.
- GRIESGRABER, J. M. y B. C. GUNTER (Eds.), 1977: *World Trade. Toward Fair and Free Trade in the Twenty-First Century (Comercio Mundial. Hacia un comercio libre y justo en el siglo XXI)*. Pluto Press. Londres-Chicago. 149 pp.
- HARRIS, S., 1995: *International Public Goods, the Climate and Meteorological Services (Los bienes públicos internacionales y los servicios meteorológicos y climáticos)*. Conferencia del Día Meteorológico Mundial. Oficina Meteorológica. Melbourne. 11 pp.
- HEALD, D., 1983: *Public Expenditure: Its Definition and Reform (Gasto Público: su definición y reforma)*. Martin Robinson & Company Ltd. Oxford. 376 pp.
- HEILBRONER, R. y L. THURLOW, 1994: *Economics Explained (Economía explicada)*. Simon and Schuster. Nueva York. 285 pp.
- HOUGHTON, J., 1990: Economic and Other Benefits of Meteorological and Hydrological Services (Beneficios económicos y de otro tipo de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos). Incluido en: *Using Meteorological Information and Products (Utilizando la información y los productos meteorológicos)* (A. Price-Budgen (Ed.)). Serie "Ellis Horwood" en Ciencias Medioambientales. Nueva York, Londres. 11-16.
- JOHNSON, S. R. y M. T. HOLT, 1997: The value of weather information (La importancia de la información meteorológica). Incluido en: *Economic Value of Weather and Climate Forecasts (La importancia económica de las predicciones del tiempo y del clima)* (R. W. KATZ y A. MURPHY (Eds.)). Cambridge University Press. 75-107.
- KATZ, R. W. y A. H. MURPHY (Eds.), 1997: *Economic Value of Weather and Climate Forecasts (El valor económico de las predicciones del tiempo y del clima)*. Cambridge University Press. 217 pp.
- KINGSLAND, R., 1964: *The value of Bureau services to the nation (La importancia de los servicios departamentales para la nación)*. Discurso de apertura de la Conferencia sobre Productividad "¿Cuánto vale el tiempo?" (W. J. GIBBS (Ed.), 1964). Oficina Meteorológica. Melbourne. 10-14.
- KUTTNER, R., 1997: *Everything for Sale: The Virtues and Limits of Markets (Todo en venta: las virtudes y los límites de los mercados)*. Alfred A. Knopf. Nueva York. 410 pp.
- LANGE, D., 1998: With the benefit of foresight and a little help from hindsight (Con el beneficio de la previsión y una pequeña ayuda de la evaluación). *Australian Journal of Public Administration*, **57**, 1, 12-18.
- MANDER, J. y E. GOLDSMITH (Eds.), 1996: *The Case Against the Global Economy and for a Turn Toward the Local (El argumento en contra de la economía global y a favor de un giro hacia la economía local)*. Sierra Club Books. San Francisco. 549 pp.
- MASON, B. J., 1966: The role of meteorology in the national economy (El papel de la meteorología en la economía nacional). *Weather*. Noviembre de 1966, 382-393.
- MAUNDER, W. J., 1970: *The Value of Weather (La importancia de las condiciones atmosféricas)*. Londres. Methuen.
- Meteorological Office, 1972: *Meteorological Glossary (Glosario meteorológico)*. HM Stationery Office. Londres. 319 pp.
- NICHOLLS, J. M., 1996: Economic and social benefits of climatological information and services: a review of existing assessments (Beneficios económicos y sociales de la información y de los servicios climatológicos: revisión de las evaluaciones existentes). WMO/TD-Núm. 780. OMM. Ginebra. 37 pp.
- OSBORNE, D. y T. GAEBLER, 1998: *Reinventing Government: How the Entrepreneurial Spirit is Transforming the Public Sector (Administración renovadora: cómo el espíritu empresarial está transformando el sector público)*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. Reading. 405 pp.
- PORTER, M., 1998: *On Competition (En competición)*. Revista de Negocios de Harvard. 481 pp.
- RAMPHAL, S., J. C. I. DOOGE, C. CACCIA, M. B. DENG, J. GOLDBERG, Y. A. IZRAEL, B. O. JONES, J. W. MACNEIL, J. MARTON-LEFÈVRE, M. G. K. MENON, W. J. MERRELL, J. RIPERT, B. SHAIK, S. SUYEHRO, M. TOLBA y R. M. WHITE, 1996: *Geosciences and the UN System: Report of the Meeting of Eminent Persons (Las geociencias y el sistema de la ONU: Informe de la Reunión de Altos Cargos)*. OMM. Ginebra. 16 pp.
- SALTBONES, J. y O. NIELSEN, 1998: *Services from the Norwegian Meteorological Institute can Reduce the Effect of Disasters—both Natural and Man-made (Los servicios del Instituto Meteorológico Noruego pueden reducir los efectos de los desastres, tanto los naturales como los producidos por el hombre)*. Actas de la

- Conferencia Internacional sobre los Sistemas de Avisos Anticipados para la Reducción de los Desastres Naturales; Potsdam, Alemania, 7-11 de septiembre de 1998 (en prensa).
- SELF, P., 1993: *Government by the Market: The Politics of Public Choice (El Gobierno del mercado: la política de la opción pública)*. Macmillan Press. Houndsmills. 303 pp.
- SOROS, G., 1998: *The Crisis of Global Capitalism (La crisis del capitalismo global)*. Public Affairs. Nueva York. 245 pp.
- TESKE, S. y P. ROBINSON, 1994: The Benefit of the United Kingdom Meteorological Office to the National Economy (Beneficios de la Oficina Meteorológica del Reino Unido sobre la economía nacional). *Actas de la Conferencia sobre los Beneficios Económicos de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos*. WMO/TD-Núm. 630. Suiza. 19-23 de septiembre. 21-24.
- WALSH, C. 1979: The Value of Meteorological Services: Some Questions Raised by a Public Goods Perspective (La importancia de los Servicios Meteorológicos: algunas preguntas que surgen desde la perspectiva de los bienes públicos). *Actas de la Conferencia sobre la Importancia de los Servicios Meteorológicos*. Oficina Meteorológica. Melbourne. 179-183.
- WMO (OMM), 1984: *Guidelines for the Education and Training of Personnel in Meteorology and Operational Hydrology (Guía para la Educación y Formación de Personal en Meteorología e Hidrología Operativa)*. WMO-Núm. 258. Ginebra. 301 pp.
- WMO (OMM), 1990: Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services (Beneficios sociales y económicos de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos). *Actas de la Conferencia Técnica, Ginebra, 26-30 de marzo de 1990*. WMO-Núm. 733. Ginebra.
- WMO (OMM), 1992: *International Meteorological Vocabulary (Vocabulario Meteorológico Internacional)*. WMO-Núm. 182. Ginebra. 784 pp.
- WMO (OMM), 1993: *Guidelines on the Role of National Meteorological and Hydrometeorological Services in the Implementation of Agenda 21 and the Framework Convention on Climate Change (Guía sobre el papel de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales en la implantación de la Agenda 21 y la Convención Marco sobre el Cambio Climático)*. OMM. Ginebra.
- WMO (OMM), 1994: Proceedings of the International Conference on the Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services (Actas de la Conferencia Internacional sobre los beneficios económicos y sociales de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos). WMO/TD-Núm. 630. Ginebra.
- WMO (OMM), 1995(a): Convention of the World Meteorological Organization (Convenio de la Organización Meteorológica Mundial). *Documentos Básicos, núm. 1*. WMO-Núm. 15. Ginebra. 188 pp.
- WMO (OMM), 1995(b): *Exchanging Meteorological Data: Guidelines on Relationships in Commercial Meteorological Activities: WMO Policy and Practice (Intercambio de datos meteorológicos: guía sobre las relaciones en las actividades meteorológicas comerciales: política y prácticas de la OMM)*. WMO-Núm. 837. Ginebra. 25 pp.
- WMO (OMM), 1996(a): *Fourth WMO Long-term Plan (Cuarto Plan a Largo Plazo de la OMM)*. WMO-Núm. 830. Ginebra. 1996. 81 pp.
- WMO (OMM), 1996(b): *Guide to Public Weather Service Practices (Guía práctica del Servicio Público de Meteorología)*. WMO-Núm. 834. Ginebra. 106 pp.
- WMO (OMM), 1997: *Guidelines on Management of National Meteorological and Hydrometeorological Services (Guía para la administración de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales)*. Ginebra.
- WMO (OMM), 1999: *The National Meteorological Service and Alternative Service Delivery (El Servicio Meteorológico Nacional y la distribución de un servicio alternativo)*. (Declaración del Consejo Ejecutivo de la Organización Meteorológica Mundial sobre el papel y la operatividad que tendrán en un futuro los Servicios Meteorológicos Nacionales). Ginebra.
- YERGIN, D. y J. STANISLAW, 1998: *The Commanding Heights: The Battle between Government and the Marketplace that is Remaking the Modern World (Las alturas dominantes: la batalla entre los gobiernos y los mercados que está reformando el mundo moderno)*. Simon and Schuster. Nueva York. 457 pp.
- ZILLMAN, J. W., 1984: Long-term Planning in WMO (Planificación a Largo Plazo en la OMM) (Entrevista de H. Taba). *WMO Bulletin* **33**, 2, 131-135.
- ZILLMAN, J. W., 1997(a): *Meteorology and the Nation: Science in the Service of Society (La meteorología y la nación: la ciencia al servicio de la sociedad)*. *Academia Australiana de Ciencias de la Tecnología e Ingeniería Focus* 97. Mayo/junio de 1997, 2-5.
- ZILLMAN, J. W., 1997(b): Atmospheric Science and Public Policy (Ciencias de la Atmósfera y Política Pública). *Science*, **276**, 16 de mayo de 1997. 1084-1087.
- ZILLMAN, J. W., 1998: The WMO Long-term Plan—A focus on regional needs (El Plan a Largo Plazo de la OMM—Un foco de necesidades regionales). *Actas de la Segunda Conferencia Técnica sobre la Administración de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos en la Asociación Regional V (Sudoeste del Pacífico), Nadi, Fiji, 14-18 de diciembre de 1998* (en prensa).
- ZILLMAN, J. W., 1999(a): Economic Benefits of Meteorological Services (Beneficios económicos de los servicios meteorológicos) (propuesto para publicación en el *Boletín de la OMM*).
- ZILLMAN, J. W., 1999(b): Meteorological and Hydrological Warning Systems (Sistemas de avisos meteorológicos e hidrológicos). *Actas de la Conferencia de Potsdam sobre Sistemas de Avisos Anticipados*. Septiembre de 1998 (en prensa). □